



Technická Univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Katedra materiálu



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Sledování kvality oceli, určené pro objemové tváření za
studena**

**Steel Quality Monitoring, Intended for Volume Cold
Working**



2007/08

Technická Univerzita v Liberci

Fakulta strojní



Studijní program: **M 2301 Strojní inženýrství**

Obor: **2303 T 002 Strojírenská technologie**

Zaměření: **Materiálové inženýrství**

Sledování kvality oceli, určené pro objemové tváření za studena

Lenka Vaňousková

KMT – 239

Vedoucí diplomové práce:

Doc. Ing. Karel Dad'ourek, CSc.

Konzultant diplomové práce:

Ing. Tomáš Hájek – Kamax s.r.o.

Rozsah práce a příloh:

Počet stran: 49

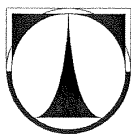
Počet tabulek: 18

Počet obrázků: 29

Počet grafů: 2

Počet příloh: 8

Datum: 03.01. 2008



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní

Katedra materiálu

Studijní rok: 2007/08

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení	Lenka VAŇOUSKOVÁ
studijní program	M 2301 Strojní inženýrství
obor	2303 T 002 Strojírenská technologie
zaměření	Materiálové inženýrství

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje diplomová práce na téma:

Sledování kvality oceli, určené pro objemové tváření za studena

Zásady pro vypracování:

(uveďte hlavní cíle magisterské práce a doporučené metody pro vypracování)

- 1) Seznámení-se se základními typy ocelí používaných při lisování šroubů v KX Turnov (Chemický a fyzikální rozbor, informace o tvrdosti, pevnosti, atd.)
- 2) Komplexní metalografický a fyzikální rozbor dodaných vzorků taženého drátu v závislosti na dodaných údajích o jeho chování při operaci lisování v KX Turnov. (vyhodnocení včetně struktury a povrchové úpravy fosfátováním)
- 3) Návrh možného sledování kvality povrchových úprav fosfátováním v podmínkách firmy Kamax z hlediska vlivu na objemové tváření.
- 4) Zhodnocení zjištěných výsledků u dodaných vzorků a pokus o návrh nutné specifikace materiálu (drátu) určené pro dodavatele firmy Kamax Turnov s ohledem na optimální proces technologie lisování.

ANOTACE

Tato diplomová práce vznikla ve spolupráci s firmou Kamax s.r.o.. Tématem bylo sledování kvality drátu dodávaného do firmy Kamax. Sledován byl vliv struktury materiálu, chemického složení, mechanických vlastností, povrchové úpravy drátu a dalších faktorů na zadírání drátu při lisování šroubů.

Metody zkoušení materiálu:

- tahová zkouška
- spektrální analýza
- rozměrová zkouška
- měření drsnosti povrchu
- měření tvrdosti podle Brinella
- měření tloušťky fosfátové vrstvy
- vizuální kontrola fosfátu pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu

Klíčová slova: fosfátové povlaky, tváření za studena, tvařitelnost



ANNOTATION

This thesis arose in conjunction with company Kamax Ltd. Theme was monitoring qualities supplied wire to company. Controlled was influence textures material, chemical composition, mechanical property, surface treatment wire and other factors on seizing wire on pressing screws.

Methods of material testing:

- tensile test
- spectral analysis
- dimensional analysis
- surface-roughness measuring
- Brinell hardness measuring
- thickness measuring phosphate coat
- visual check phosphate coat by force of scan electron microscope

Key words: phosphate coat, cold forming, formability

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Místo: Mnichovo Hradiště

Datum: 2. 1. 2008

Podpis

.....

Tímto bych chtěla poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Karlu Dad'ourkovi, Csc. za jeho čas a cenné rady při psaní diplomové práce, Ing. Tomáši Hájkovi a celé metalografii ve firmě Kamax s.r.o. za pomoc při řešení experimentální části práce. A samozřejmě bych chtěla poděkovat rodičům za podporu během celého mého studia.

OBSAH

I.ÚVOD	10
II.TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1. VÝROBA ŠROUBŮ	11
1.1 VSTUPNÍ MATERIÁL	12
1.2 LISOVÁNÍ ZA STUDENA.....	15
1.3 VÁLCOVÁNÍ ZÁVITU	17
1.4 ZUŠLECHTĚNÍ ŠROUBŮ	18
2. VSTUPNÍ ZKOUŠKY PROVÁDĚNÉ NA DRÁTU VE FIRMĚ KAMAX	
S.R.O.	19
2.1 ROZMĚROVÁ ZKOUŠKA	19
2.2 PEVNOSTNÍ KONTROLA	19
2.3 METALOGRAFIE	19
2.4 CHEMICKÉ SLOŽENÍ.....	19
2.5 PĚCHOVACÍ ZKOUŠKA	20
2.6 ZKOUŠKA POVRCHOVÝCH VAD	20
2.7 ZKOUŠKA POVRCHU	20
3. FOSFÁTOVÉ POVLAKY	21
3.1 POUŽITÍ.....	21
3.2 ZPŮSOBY NANÁŠENÍ.....	22
3.3 ÚPRAVA PODKLADOVÉHO KOVU PŘED FOSFÁTOVÁNÍM.....	24
3.4 URČOVÁNÍ TLOUŠTKY POVLAKU	25
3.5 DODATEČNÉ ÚPRAVY POVLAKU	26
3.6 JEDNOTLIVÉ DRUHY FOSFÁTOVÝCH POVLAKŮ.....	26
4. TVAŘITELNOST.....	29
III. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	31
5. ZKOUŠKY PROVEDENÉ NA VZORCÍCH.....	32
5.1 TAHOVÁ ZKOUŠKA	32
5.2 SPEKTRÁLNÍ ANALÝZA.....	34
5.3 ROZMĚROVÁ KONTROLA	35



5.4 DRSNOST POVRCHU	37
5.5 MĚŘENÍ TVRDOSTI PODLE BRINELLA.....	38
5.6 PLOŠNÁ HMOTNOST A TLOUŠŤKA FOSFÁTOVÉ VRSTVY.....	39
5.7 RASTROVACÍ ELEKTRONOVÝ MIKROSKOP.....	41
5.8 METALOGRAFIE DRÁTU.....	44
6. NÁVRH SLEDOVÁNÍ KVALITY POVRCHOVÝCH ÚPRAV	
FOSFÁTOVÁNÍM VE FIRMĚ KAMAX	45
6.1 MĚŘENÍ ROZDÍLU PLOŠNÉ HMOTNOSTI PO URČITÉM ČASOVÉM ÚSEKU	45
IV. ZÁVĚR.....	46
V. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	47
VI. SEZNAM PŘÍLOH	49

I.Úvod

Proces výroby šroubů ovlivňuje velké množství faktorů. Od strojů, nástrojů až po následné tepelné zpracování. Úkolem bylo zjistit vliv vstupního materiálu na kvalitu výroby, především na nežádoucí proces zadírání některých drátů při lisování. I v tomto případě je mnoho možností, jak ovlivnit lisování.

Z hlediska drátu šlo o hodnocení materiálu a povrchové úpravy. Prováděna byla různá měření, aby se potvrdil či vyvrátil jejich vliv na objemové tváření za studena.

Experimentální část se prováděla v prostorách firmy Kamax s. r. o.. Tahovou zkoušku prováděla školená obsluha k tomu určená. Pro některé další zkoušky platí to samé – spektrální analýza, měření drsnosti povrchu, měření tvrdosti podle Brinella a vizuální kontrola fosfátu elektronovým mikroskopem.

II. Teoretická část

1. Výroba šroubů

Firma Kamax s.r.o. se zabývá výrobou pevnostních šroubů.

Vyráběné rozměry mají rozpětí od průměru M6 až k M24, příp. délky od 10 mm do 500 mm v jakostních třídách 8.8 až 12.9. [1]

Výrobky:

Motorové šrouby

- šrouby s roztažným dříkem
- rýhované šrouby (s příčnými rýhami a nákrůžky)
- šrouby s dlouhým závitem (se závitem těsně pod hlavu)



Obr.1.1 Motorový šroub



Obr.1.2 Kolové šrouby

Kolové šrouby

- s různými vnějšími rozměry klíče
- s nalisovanou kulovou nebo kuželovou dosedací plochou
- s vnitřním otvorem pro klíč za účelem optimalizace hmotnosti
- s neztratitelnou kulovou nebo kuželovou podložkou
- omezující krádež dle trendu šedesátých let, ve kterém byla vozidla vybavována hodnotnými a drahými koly z lehkých kovů, vyvinul Kamax pro různé automobilové výrobce a jejich dodavatele klíče pro vnitřní a vnější záběr u kolových šroubů, které nelze obvyklými klíči na kola přímo uvolnit a které vyžadují adaptér klíče.

Čepy kola

- rýhovaný čep kola
- broušený čep kola
- točitý čep kola KAWEX®



Obr.1.3 Čepy kola

[1]

1.1 Vstupní materiál

Vstupní materiál pro výrobu šroubů ve firmě Kamax s. r. o. je ocel, kde polotovarem je drát. Ten je většinou dodáván v kruzích neboli „coilech“ s označením od dodavatele. Vstupní zkoušky (viz kapitola 2.) probíhají ihned po převzetí od přepravce, aby nedocházelo k prodlení. Zkoušky provádí pracovník kontroly. Výsledky zkoušek jsou porovnány s požadavky objednávky (materiálového listu). Na základě těchto zkoušek je materiál uvolněn či pozastaven a reklamován [2].



Obr.1.4 Kruh drátu

1.1.1 Druhy vstupního materiálu:

Existují 3 stavy dodání drátu:

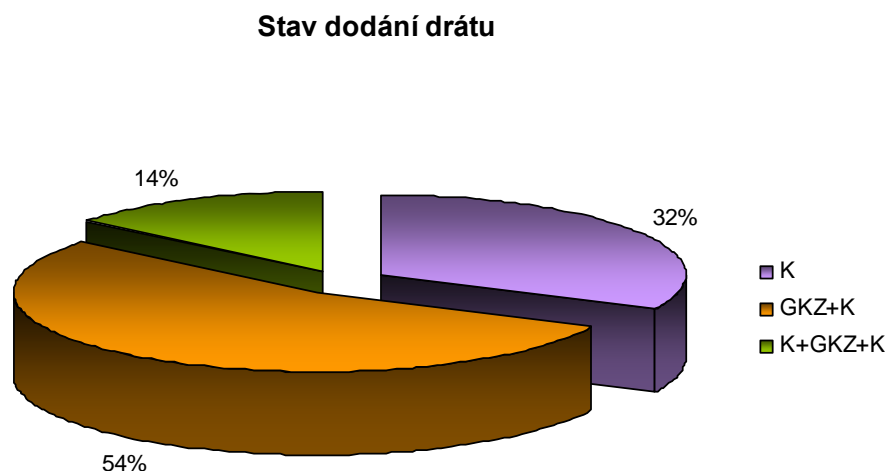
1. **K (U + C)** – drát tažený za studena (dále jen tažený)
2. **GKZ + K (AC + C)** – drát žíhaný – tažený
3. **K +GKZ + K (U + C + AC + LC)** – drát tažený – žíhaný – tažený

Ad 1. K (U + C) – drát se dodává nežíhaný, fosfátovaný a tažený [3].

Ad 2. GKZ + K (AC + C) – drát se dodává žíhaný, fosfátovaný a tažený [4].

Ad 3. K +GKZ + K (U + C + AC + LC) – drát se dodává tažený, žíhaný, fosfátovaný a tažený [5].

Používání drátu podle stavu dodání je zobrazeno v grafu 1. Nejčastěji se používá drát žíhaný tažený (54%), dále drát tažený (32%) a nakonec drát tažený žíhaný tažený (14%).



Graf 1. Zobrazení četnosti používání drátu podle stavu dodání

Předepsané hodnoty pevnosti $R_{m \max}$ a kontrakce Z_{\min} pro jednotlivé materiály a provedení jsou uvedeny v tabulkách tab.1, 2 a 3 [3, 4, 5] .

$R_{m \max}$ je horní mez pro pevnost v tahu a dolní mez není předepsána, Z_{\min} je dolní mez kontrakce a horní mez není předepsána.

Tab.1 K (U + C)

Materiál	Průměr [mm]	$R_{m \max}$. [MPa]	Z_{\min} . [%]
23MnB3	4 – 17	740	60
28B2	5 – 17	760	58
32CrB4	5 – 17	840	60
C4C	7 – 15	590	50
C10C	5 – 12	600	55

Tab.2 GKZ + K (AC + C)

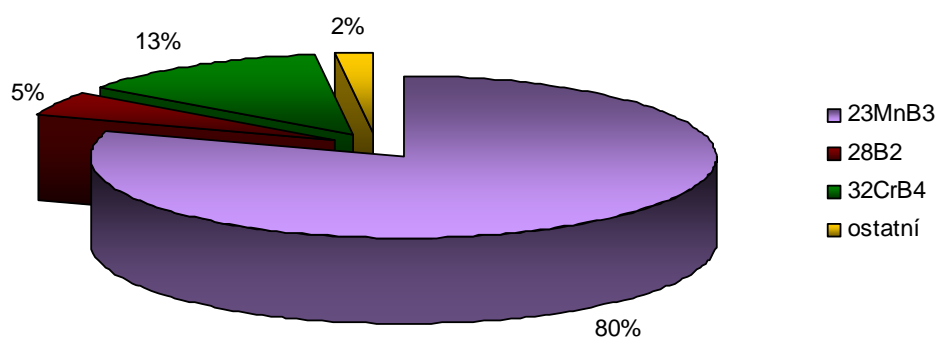
Materiál	Průměr [mm]	$R_{m \max}$. [MPa]	Z_{\min} . [%]
23MnB3	5 – 25	590	68
28B2	5 – 17	600	60
32CrB4	5 – 17	630	60

Tab.3 K +GKZ + K (U + C + AC + LC)

Materiál	Průměr [mm]	R_m max. [MPa]	Z_{min.} [%]
23MnB3	5 – 25	540	63
35B2	12 – 25	560	60
32CrB4	5 – 17	610	60
C10C	5 – 15	420	66

Nejčastěji se používá materiál 23MnB3 (1.5507), 32CrB4 (1.7076) a 28B2 (1.5510). Ostatní méně používané materiály: 12NiCr3, 35B2, C10C, C4C, C8C, CQ15. Používání drátu podle jakosti materiálu je zobrazeno v grafu 2.

Používaný materiál při lisování šroubů



Graf 2. Zobrazení četnosti používání drátu podle jakosti materiálu



1.1.2 Chemické složení

V tab.4 je zobrazeno požadované rozmezí hodnot chemického složení třech nej – používanějších materiálů [6].

Tab.4 Hranice hodnot chemického složení materiálů

Materiál	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]	Cr [%]	Ti [%]	Al [%]	Cu [%]	B [ppm]
23MnB3	0,21	–	0,80	–	–	0,25	–	0,02	–	8
	0,25	0,15	1,00	0,015	0,015	0,35	0,06	0,08	0,30	50
32CrB4	0,30	–	0,70	–	–	1,05	–	0,02	–	8
	0,34	0,15	0,90	0,015	0,015	1,20	0,06	0,08	0,30	50
28B2	0,28	–	0,90	–	–	0,20	–	0,02	–	8
	0,32	0,15	1,10	0,015	0,015	0,35	0,06	0,08	0,30	50

1.2 Lisování za studena

1.2.1 Dílenská zakázka

Plánování a zhotovení řízené zakázky provádí dle požadavku systému XXPS disponent výroby, který zakázku předá mistrovi lisovny. Jednotlivé zakázky jsou číselně značeny dle systému.

Lisař obdrží dílenskou zakázku od mistra lisovny. Dílenská zakázka obsahuje veškeré potřebné informace k seřízení a výrobě dílce.

1.2.2 Materiál

Informace o požadovaném čísle materiálové zkoušky, jakosti, průměru, hmotnosti a umístění materiálu jsou dány dílenskou zakázkou. Požadovaný materiál je ke tvářecímu stroji dopraven vysokozdvížným vozíkem a uložen na odvíjecí buben.

Průvodku materiálu, po kontrole identity dle požadované zakázky a vizuální kontrole kvality materiálu, umístí lisař na určené místo. [7]

1.2.3 Nástroje

Předepsanou nástrojovou sestavu odebere lisař ze skladového místa a po vizuální kontrole ji vloží do stroje. Po ukončení výroby daného dílce nástrojovou sestavu vrátí na skladové místo. [7]

Nástroje se skládají z mnoha částí. Razníky, pouzdra a některé matrice se vyrábějí v nástrojárně. Jádra matric nástrojů bývají z tvrdokovu. Buď se kupují přímo hotová jádra nebo polotovary, který je dále upravován v nástrojárně podle požadovaných rozměrů nástroji z kubického nitridu bóru. Jádro je nalisováno za studena pomocí kroužku v matrici, která má ve vnitřním průměru kužel (řádově velikosti promile). Po opotřebení takto složeného nástroje se vymění pouze jádro. Používají se také celé matrice se zalisovaným jádrem za tepla. Po opotřebení se pak matrice vymění celá. [8]

V příloze 1. je umístěn výkres sestavy nástroje.

1.2.4 Seřízení stroje

Při vlastním seřízení stroje je používána červeně značená bedna na šrot pro řádné oddělení seřizovacích dílců od výroby.

Po kontrole nástrojové sestavy pro danou dílenskou zakázku ji seřizovač vloží do jednotlivých operací do stroje a dle výrobní dokumentace seřídí. [7]

1.2.5 Lisování

Lisuje se na postupových lisech. Ty pracují většinou na 4 a 5 ran, některé starší lisy na 3 rány. Počet ran závisí na složitosti vyráběného dílce a požadavcích zákazníka.

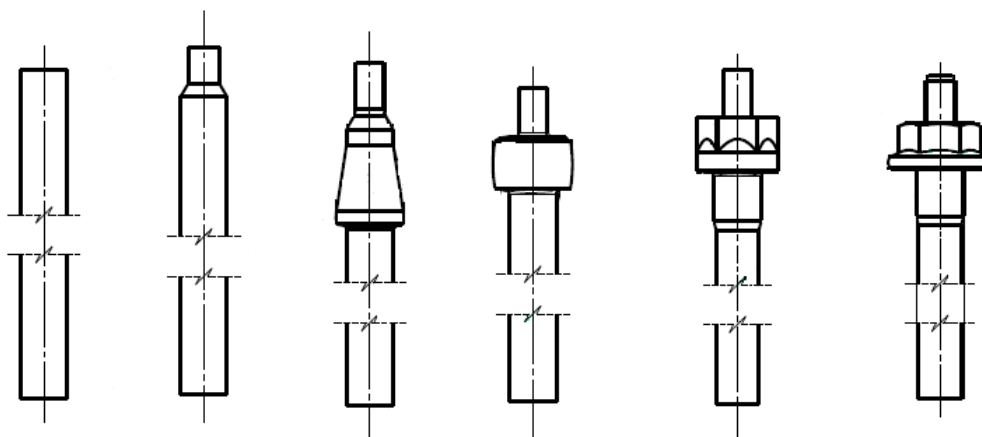
Na obrázcích 1.5, 1.6 a 1.7 jsou zobrazeny díly lisované na 3, 4 a 5 ran.



Obr.1.5 Díl lisovaný na 3 rány



Obr.1.6 Díl lisovaný na 4 rány



Obr.1.7 Díl lisovaný na 5 ran

1.3 Válcování závitu

Závity se válcují buď přímo na stejném stroji jako další krok po lisování nebo se vyrobí na jiném stroji – válcovačce. Další možností je válcování závitu tzv. do tvrda. To se po lisování šroub zušlechťí a teprve potom válcuje. Při tomto postupu je závit kvalitnější, ale více se ničí nástroje pro válcování závitu. [8]

1.4 Zušlechťení šroubů

Přibližně 99% lisovaných šroubů se dále zušlechťuje. Větší část přímo ve firmě a zbytek v externích kalárnách.

Kalící linka:

1. Odmaštění – odmašťovací roztok
2. Odfosfátování – odfosfátovací roztok
3. Oplach – voda
4. Olejová lázeň – kalící olej
5. Pračka pop. pece – voda
6. Popouštěcí lázeň – pasivační roztok

Odstranění fosfátu z dílců je důležité proto, aby během kalení fosfor nedifundoval do povrchu šroubu. Důsledkem této difúze je změna vlastností šroubu a hrozilo by zborcení závitu při používání šroubu.

Hodnoty teplot pro kalení a popouštění jsou v tab.5.

Pro kalení se používá ochranná uhlíková atmosféra. Doba mezi kalením a popouštěním smí být maximálně tři hodiny. Rozsah nastavení popouštěcí teploty se řídí požadovanou pevností a materiálem. Tyto hodnoty jsou rámcové a nemohou být nastaveny jako předpis. [9]

Tab.5 Kalící a popouštěcí teploty pro používané materiály

Materiál	Kalící teploty [°C]	Orientační popouštěcí teploty [°C]		
		Pevnost 8.8	Pevnost 10.9	Pevnost 12.9
23MnB3 (19MnB4)	910	490	430	×
28B2	890	530	425	×
32CrB4	870	575	490	430

2. Vstupní zkoušky prováděné na drátu ve firmě Kamax s.r.o.

2.1 Rozměrová zkouška

– provádí se mikrometrem na 10% vzorků; je to zkouška průměru měřením ve dvou na sebe kolmých rovinách na min. 2 místech. Hodnoty musí odpovídat tolerancím – rozměr $\begin{matrix} 0 \\ -0,04 \end{matrix}$.

2.2 Pevnostní kontrola

– provádí se na 10% vzorků na trhačce; zkouší se R_m a Z . Hodnoty musí splňovat požadavek objednávky.

2.3 Metalografie

– provádí se na 1 vzorku z tavby v metalografické laboratoři; zkouší se okrajové oduhličení a nekovové vměstky.

2.4 Chemické složení

– chemické složení každého kruhu vstupního drátu je ověřeno pomocí mobilního spektrometru SPECTROTEST firmy SPECTRO viz obr.2.1. Hodnoty jsou dokumentovány v software tohoto spektrometru. Program spektrometru se rozkládá do dvou úrovní. První úroveň je analytická, která slouží k chemickému rozboru zkoušeného vzorku. Druhá úroveň je třídící. Ta je tvořena programem, který je nastaven podle tolerancí chemického složení jednotlivých jakostí, z nichž je také vyhodnocuje. Pro zkoušení záměny materiálu slouží úroveň třídící, která musí být vždy nakalibrována na jakost (skupina jakostí – Příloha 2.), kterou chceme zkoušet. Jako kalibry slouží označené vzorky přiložené k přístroji. Pro každou skupinu materiálů je pouze jeden kalibr. 1× za 3 měsíce je provedena úplná chemická analýza v akreditované laboratoři pro ověření souladu hodnot.



Obr.2.1 Mobilní spektrometr Spectrotest

2.5 Pěchovací zkouška

– provádí se dle KN 5707 a její výsledek je zaznamenán do formuláře vstupní kontroly s hodnocením 0 – 4.

2.6 Zkouška povrchových vad

– provádí se kontrola podélných trhlin viz směrnice Q 1050 na 10% ústřížku pomocí přístroje Magnetoflux.

2.7 Zkouška povrchu

– při vstupní zkoušce není ověřováno váhové množství fosfátu. Je ověřeno potvrzení dodavatele na atestu o provedení fosfátu. Na vzorcích je ověřena vizuálně přítomnost fosfátové vrstvy.

Výsledky zkoušek se dokladují na protokole vstupní kontroly s podpisem kontrolora. [2]

3. Fosfátové povlaky

3.1 Použití

Fosfátové povlaky se používají k povrchovým úpravám oceli, litiny, hliníku, zinku a kadmia.

Použití pro:

- zvýšení adheze a korozní odolnosti nátěrů;
- zvýšení korozní odolnosti výrobků – silné povlaky zinečnatého nebo manganatého fosfátu vážou ochranný olejový film a poskytují doplňující protikorozní ochranu;
- optimalizaci tváření za studena – při procesu dochází k velmi vysokému namáhání povrchu a fosfátování je používáno ve všech typech operací tváření za studena, tj. tažení drátů, trubek, profilů, hlubokém tažení, vytlačování, kování, kontinuální zpracování pásů;
- zkrácení doby náběhu součástí snížením tření – manganatý fosfát zvyšuje množství adsorbovaného maziva na povrchu ložisek, ozubených kol, hřídelí, pístů, převodovek, ventilů aj.;
- elektrickou izolaci – povlak o tloušťce 1 μm až 6 μm poskytuje dostatečnou izolaci před vířivými proudy;
- náhradu chemického niklového povlaku jako předpravy před smaltováním – povlaky fosfátu niklu sníží počet výrobních operací a množství tuhých odpadů obsahujících nikl.

Podle způsobu aplikace mohou vznikat rozdíly ve složení a morfologii fosfátových povlaků. Povlaky jsou složeny podle druhu upravovaného kovu a použité fosfatizační lázně z nerozpustných fosforečnanů např. zinku, železa, manganu, vápníku:

- *fosfofylit* $[\text{Zn}_2\text{Fe}(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$, tvoří se při fosfátování oceli v lázni na bázi dihydrogenfosforečnanu zinečnatého;
- *hopeit* $[\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$, tvoří se při fosfátování zinku v lázních obsahujících dihydrogenfosforečnan zinečnatý;
- *scholzit* $[\text{Zn}_2\text{Ca}(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$, tvoří se na oceli a zinku v lázních, které obsahují dihydrogenfosforečnan zinečnatý a dusičnan vápenatý;
- *železnatý huréalit* $[(\text{MnFe})_5 \text{H}_2(\text{PO}_4)_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$, vzniká při fosfátování oceli v lázni obsahující dihydrogenfosforečnan manganatý;
- *manganatý huréalit* $[\text{Mn}_5 \text{H}_2(\text{PO}_4)_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$, tvoří se při fosfátování zinku v lázni na bázi dihydrogenfosforečnanu manganatého;
- *vivanit* $[\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}]$, je hydratovaný fosforečnan železitý, je složkou povlaku při fosfátování oceli v lázni na bázi dihydrogenfosforečnanu amonného nebo dihydrogenfosforečnanu alkalického kovu.



Obr.3.1 Fosfofylit



Obr.3.2 Hopeit



Obr.3.3 Scholzit



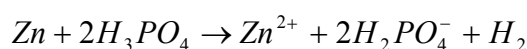
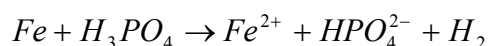
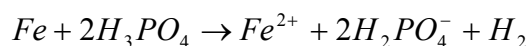
Obr.3.4 Vivianit

3.2 Způsoby nanášení

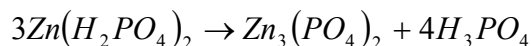
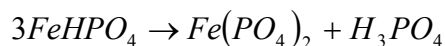
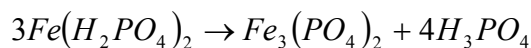
Fosfátové roztoky jsou obvykle nanášeny postříkem nebo ponorem podle počtu, velikosti a tvaru zpracovávaných dílů. Kontinuálně zpracovávané pásy jsou fosfátovány procesem navalování a vysušení, kde je fosfatizační roztok nanášen na pás a bez oplachu je fosfátový povlak vysušen. [11]

Při fosfátování se na povrchu vytvářejí nerozpustné krystalické terciární fosforečnany zinku, železa, vápníku a manganu. Podstatou je přeměna rozpustného dihydrogenfosforečnanu (hlavní složka fosfatizačního přípravku) na nerozpustný hydrogenfosforečnan a fosforečnan příslušného kovu, jenž vzniká vlivem reakce kovového povrchu s fosfatizačním roztokem.

Nejprve proběhne úvodní reakce, při které volná kyselina (přítomná v lázni) rozpouští kov za současného vzniku vodíku



Na styčné ploše kov-fosfátovací lázeň nastává úbytek volné kyseliny (zvýšení pH) v lázni a tím je porušena hydrolytická rovnováha fosfátovací lázně. Následkem toho dojde k disproportionaci hydrogenfosforečnanu na nerozpustný normální fosforečnan a volnou kyselinu fosforečnou



Vzniklá volná kyselina obnoví rovnováhu v lázni. Nerozpustný normální (terciární) fosforečnan zinečnatý krystalizuje na povrch oceli a vytváří tak ochrannou vrstvu.

Snaha o urychlení vlastního procesu vedla k použití tzv. urychlovačů, které jsou součástí moderních fosfatizačních lázní. Jsou jimi dusičnany, dusitany, chlornany apod., zajišťují stabilitu lázně a mají příznivý vliv na snížení pracovní teploty. Jestliže u původních lázní proces fosfatizace probíhal za teplot 95 až 98°C po dobu 45 až 60 minut, u moderních lázní se snižuje teplota na 50 až 60°C a dobu 5 až 10 minut – při ponorovém způsobu.

Fosfátové vrstvy jsou odolné proti korozi (i proti mořské vodě), ale přímá ochrana samotnými fosfátovými vrstvami má význam jen ojedinělý. Mechanická pevnost vrstev je malá, vrstva je měkká a nesmí být poškozena. Fosfátová vrstva je také vždy pórovitá, přestože působí dojem celistvosti. Důležitou vlastností pevně lpících fosfátových vrstev je jejich schopnost vázat na sebe některé organické látky, čímž získá požadovanou

ochranu. Dodatečná úprava spočívá v nasycení konzervačními a impregnačními prostředky, nátěrovými hmotami nebo pasivací.

Použití fosfátových vrstev je široké, je tedy důležitý vhodný výběr fosfatizačních přípravků, protože na nich především závisí tloušťka a typ fosfátové vrstvy. [10]

3.3 Úprava podkladového kovu před fosfátováním

Povrch, na kterém má být vytvořen fosfátový povlak, musí být kovově čistý a chemicky aktivní. Proto je nezbytné povrch zbavit všech nežádoucích nečistot (rzi, okují, mastnot, otisků prstů, zbytků organických či anorganických nátěrů apod.).

K odmašťování se využívají rozpouštědla, horká pára, alkalické nebo emulzní prostředky. Pro odstranění okují a rzi se využívají abrazivní prostředky nebo chemické čištění.

Těsně před fosfátováním lze provést aktivační oplach, aby se podpořil vznik jemné krystalické struktury následně vytvořeného fosfátového povlaku. Aktivace před fosfátováním se provádí horkou vodou nebo speciální disperzí fosfátu titanu nebo manganu. Konečný oplach po fosfátování se provede demineralizovanou vodou nebo pasivačním roztokem na bázi sloučenin šestimocného nebo trojmocného chromu. Aktivační materiály je také možné přidat do slabě alkalických čistících prostředků určených k postřiku. Pak není nutný samotný aktivační oplach.

Určité postupy fosfátování kombinují přípravu povrchu s fosfátováním. Např. lázně pro tvorbu železnatého fosfátu obvykle obsahují povrchově aktivní látky pro čištění a zamaštěné povrchy mohou být upraveny v jedné operaci (tzv. sdružené odmašťování – fosfátování).

Vzhled

Fosfátové povlaky musí být jemně krystalické, musí pokrývat povrch kovu rovnoměrně a nesmí na nich být skvrny, stíratelný povlak, částčky kalu z fosfátování lázně, korozní zplodiny ani otisky prstů. [11]

3.4 Určování tloušťky povlaku

Měření tloušťky fosfátové vrstvy může být buď „destruktivní“ nebo „nedestruktivní“ metodou. Měření používaná pomocí magnetických, elektrických a elektromagnetických přístrojů dávají přiměřené hodnoty tloušťky použitelné ve výrobní lince. Není je nicméně možné používat pro absolutní a přesná měření.[14] Pro usnadnění tváření za studena se používá jako znak jakosti plošná hmotnost. Norma ČSN EN 12476 a ISO 9717 uvádějí způsob specifikace požadavků pro fosfátové povlaky a metoda zkoušení plošné hmotnosti je uvedena v normě ČSN ISO 3892.

Plošná hmotnost fosfátových povlaků se liší v závislosti na:

- 1) Konstruktivním materiálu a stavu povrchu dílů;
- 2) Předchozích mechanických a chemických úpravách dílů;
- 3) Podmínkách procesu fosfátování.

Tab.6 Přehled hlavních typů a charakteristik fosfátových konverzních povlaků podle EN 12476

Hlavní složky fosfátovací lázně	Typ povlaku	Symbol povlaku	Obvyklý vzhled povlaku	Plošná hmotnost povlaku [g.m ⁻²] na:			
				Želez- ných mat.	Hliník. mat.	Zinko- vých mat.	Kadmio -vých mat.
$Zn(H_2PO_4)_2$	Fosfát zinku	Znph	Světle šedý až tmavě šedý	1 až 30	0,3 až 10	1 až 20	
$Zn(H_2PO_4)_2$ $Ca(H_2PO_4)_2$	Fosfát zinku - vápníku	ZnCaph	Světle šedý až tmavě šedý	1 až 10	-	1 až 10	-
$Mn(H_2PO_4)_2$	Fosfát manganu	Mnph	Tmavě šedý až černý	1 až 30	-	-	-

3.5 Dodatečné úpravy povlaku

Odolnost proti korozi významně zvyšují dodatečné úpravy fosfátového povlaku. Fosfátové povlaky se obvykle dodatečně upravují závěrečným oplachem vodnými roztoky obsahujícími chrom nebo jiné anorganické složky, popř. určité organické složky, konzervační oleje nebo vosky, impregnační laky aj.

Symbolsy pro označování dodatečných úprav podle EN 12476 uvádí tab.7.

Tab.7 Dodatečné úpravy fosfátových povlaků podle EN 12476

Symbol	Druh úpravy
T1	Nanesení nátěrů nebo obdobných povlakových materiálů
T2	Impregnace anorganickými nebo organickými těsnícími prostředky
T3	Barvení
T4	Impregnace konzervační vazelínou nebo konzervačním olejem
T5	Impregnace konzervačním voskem
T6	Impregnace mýdlem pro tváření

3.6 Jednotlivé druhy fosfátových povlaků

3.6.1 Fosfátové povlaky pro zajištění přilnavosti nátěrů

Povlak pro zajištění přilnavosti nátěrů má nižší plošnou hmotnost než povlaky pro zvýšení odolnosti proti korozi.

Vynikajícím podkladem pro nanášení nátěrových hmot na ocel jsou povlaky fosfátu zinku vznikající z málo koncentrovaných lázní ($0,7 \text{ g.l}^{-1}$ až $1,5 \text{ g.l}^{-1} \text{ Zn}^{2+}$), tvořené především fosfofylitem. Přidává se prostředek pro podporu krystalizace, aby bylo zajištěno, že vyloučený fosfátový povlak je tvořen malými, homogenními a utěsněnými krystaly, které podporují dobrou adhezi nátěrových povlaků. Povlaky z koncentrovaných lázní (3 g.l^{-1} až $4 \text{ g.l}^{-1} \text{ Zn}^{2+}$), tvořené hopeitem, jsou využívány ke zvýšení odolnosti vůči poškození odletujícími kamínky.

Optimální předúpravou povrchu před nanášením práškových barev je povlak fosfátu železa. Proces fosfátování na železe a jeho slitinách nevyžaduje urychlování. Hmotnost

povlaku je různá podle složení lázně. Povlaky obsahují povrchově aktivní látky pro čištění a zamaštěné povrchy mohou být upraveny v jedné operaci (tzv. sdružené odmašťování – fosfátování). [11]

3.6.2 Fosfátové povlaky pro zvýšení odolnosti proti korozi

Přednostně se využívají fosfáty zinku, manganu nebo zinku – vápníku. Nízké koncentrace zinku v povlaku (tj. vyšší poměr fosfátu k zinku) zvyšují protikoroziní ochranu povrchu. Pro zlepšení odolnosti proti korozi se požaduje ještě dodatečná úprava povlaku, protože všechny fosfátové povlaky jsou více či méně pórovité.

U těchto druhů povlaků je odolnost proti korozi kontrolováným znakem jakosti. Stanoví se zrychlenou korozní zkouškou v neutrální solné mlze (NSS) podle ČSN ISO 9227. Během minimální doby expozice specifikované odběratelem se na zkoušených dílech nesmějí objevit známky koroze.

3.6.3 Fosfátové povlaky pro usnadnění tváření za studena

Fosfátová vrstva ve spojení s vhodnými mazivy vytváří mezivrstvu, která snižuje tření mezi nástrojem a tvářeným výrobkem [10]. Přednostně se využívají zinkové fosfátové povlaky. Mají být po oplachu neutralizovány v slabě alkalickém vodném roztoku a impregnovány mýdlem.

Impregnaci pro tváření lze provést ponořením do vhodné mýdlové lázně (pro tažení trubek, petchování a protlačování za studena, hluboké tažení) nebo pomocí suchého mýdlového prášku (pro tažení drátů). Při ponoření bude mýdlo pro tváření reagovat s vrstvou fosfátu zinku a na povrchu fosfátového povlaku se vytvoří stearan zinečnatý. [11] Při tváření se část mýdla odstraní, ale zbytek se změní ve sklovitou vrstvičku soudržného filmu, který pevně přilne ke kovu a velmi podstatně snižuje tření. S vyšším stupněm tváření se volí větší tloušťky fosfátové vrstvy. [10]

Před impregnací mýdlem pro tváření provedenou za sucha lze dráty ponořit do koncentrovaných roztoků boraxu nebo vápna, které slouží jako nosič maziva.

Tab.8 Doporučené plošné hmotnosti povlaku pro různá konečná použití

Konečné použití	Plošná hmotnost povlaku [g.m ⁻²]
Tažení ocelového drátu	5 až 12
Tažení svařovaných ocelových trubek	3 až 6
Tažení přesných ocelových trubek	4 až 6
Pěchování za studena a protlačování za studena	5 až 20
Hluboké tažení bez snižování tloušťky stěny	2 až 5
Hluboké tažení se snižováním tloušťky stěny	5 až 15

3.6.4 Fosfátové povlaky pro snížení tření

Typ povlaku se volí v závislosti na namáhání, kterým bude povlak vystaven při zamýšleném použití. [11] Pro fosfátování pohyblivých strojních součástí za účelem zlepšení záběhu se používá manganových fosfátových vrstev. Vrstva fosforečnanu manganatého se vyznačuje větší tvrdostí než fosfátové vrstvy s obsahem zinku a v důsledku odlišné krystalické struktury mají tyto vrstvy s obsahem manganu i větší nasákivost oleje. Fosfátová vrstva zkracuje dobu záběhu, zmenšuje opotřebení součástí a snižuje hlučnost. [10]

Tab.9 Doporučené plošné hmotnosti povlaků [11]

Konečné použití	Plošná hmotnost [g.m ⁻²]
Díly s malou vůlí	3 až 5
Díly s velkou vůlí	5 až 20

3.6.5 Fosfátové povlaky pro vytváření izolačních vrstev

Využívá se např. na povrch trafoplechů. Používají se zinečnaté fosfátové vrstvy podobné jako u vrstev, jež slouží jako ochrana proti korozi. [10]

4. Tvařitelnost

Schopnost kovových těles se plasticky deformovat závisí nejen na metalurgicko – fyzikálních vlastnostech, ale současně i na vnějších podmínkách tváření.

Tvařitelnost je schopnost tvářeného tělesa se plasticky deformovat za obecných podmínek tváření bez porušení celistvosti materiálu. [13]

Tvařitelnost ovlivňují zejména dva faktory:

1. chemické složení a mikrostruktura slitiny
2. teplota

Obecně platí, že dobře tvařitelné jsou slitiny, u nichž ve struktuře převládá tuhý roztok $\alpha(A)$, tzn., které mají spíše nižší obsahy legujících prvků. Na tvařitelnost má vliv i velikost zrna tuhého roztoku – u příliš jemnozrnných materiálů se tvařitelnost zhoršuje. Pokud jsou ve struktuře přítomny další intermediální fáze, pak se obvykle tvařitelnost zhoršuje, přičemž závisí na jejich morfologii. Jemné a globulární částice zhoršují tvařitelnost méně než např. hrubé deskovité útvary nebo kontinuální síťoví. Dobrou tvařitelnost rovněž podporuje kubická krystalová struktura základního kovu, tzn. fcc nebo bcc, a to díky tomu, že u této struktury je k dispozici dostatečný počet skluzových systémů. U kovů s hexagonální strukturou (např. Mg) je tvařitelnost poněkud horší a tváření je nutno provádět při zvýšených teplotách. Mezi dobře tvařitelné materiály, a to i za studena, patří např. oceli s nízkým obsahem uhlíku, nízkolegované slitiny hliníku nebo mědi.

Obvykle tvařitelnost s rostoucí teplotou roste, neboť s rostoucí teplotou klesá mez kluzu, roste tažnost materiálu a materiál není schopen deformačního zpevnění během tváření. [12]

Tváření

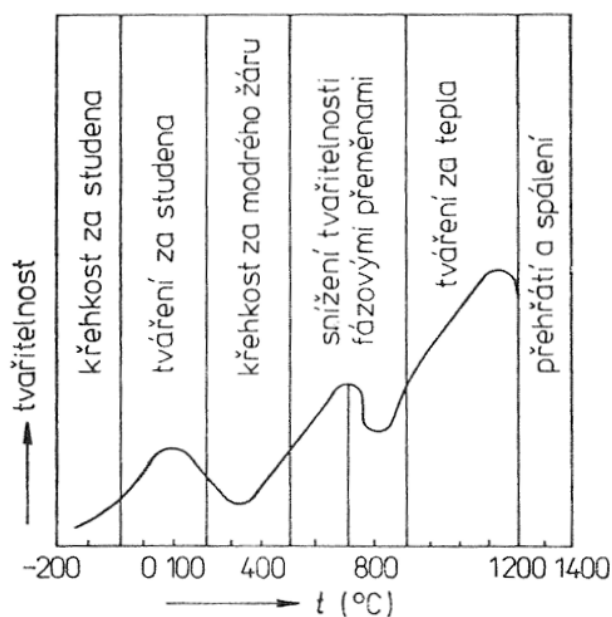
Z hlediska teplot tváření a průběhu fyzikálně metalurgických procesů rozeznáváme:

- a) tváření za studena,
- b) tváření za polotepla
- c) tváření za tepla.

Tváření za studena

U ocelí se děje zpravidla za teplot nižších než 0,2 až 0,3 T_t , tj. pod teplotami uzdravovacích procesů. Při tváření za studena se zvyšuje vnitřní energie, hustota dislokací, roste počet mřížkových poruch a vytváří se strukturní textura usměrněním krystalografických prvků do směru tváření.

Výsledkem těchto dějů je změna mechanických a fyzikálních vlastností a zvýšená metastabilita tvářené oceli. Zvyšují se pevnostní vlastnosti a tvrdost, úměrně se snižuje plasticita a houževnatost. Největší vliv na změnu vlastností má velikost deformace, metalurgický charakter oceli (chemické složení, strukturní stav, rozložení a tvar precipitátů) a technologické činitele. [13]



Obr.4.1 Změna tvařitelnosti oceli v závislosti na teplotě

III. Experimentální část

Pro experiment jsem měla 13 různých drátů od čtyř dodavatelů označených A, B, C, D. Byly to 2 kusy drátu od každého čísla vzorku od pr.8,76 mm až po pr.13,7 mm o délce cca 1 m. Materiál byl pro všechny vzorky stejný a to 23MnB3. Způsob značení je vidět v tab.10. Vzorky jsou seřazeny vzestupně podle průměrů a podle stavu drátu.

Dle sdělení pracovníků lisovny se během lisování z drátů číslo 1., 3., 4., 8., 10., 12. šrouby zadíraly.

Tab.10 Číslování a označení vzorků

Číslo vzorku		Průměr vzorku d [mm]	Stav drátu	Dodavatel
1.	46892	8,76	K + GKZ + K	A
2.	46682		K + GKZ + K	A
3.	45680	9,74	K + GKZ + K	A
4.	45774		K + GKZ + K	A
5.	46718		K + GKZ + K	A
6.	47020	10,7	K	C
7.	46824		K	B
8.	46443	11,22	GKZ + K	B
9.	47091		GKZ + K	A
10.	46731	11,7	GKZ + K	D
11.	47044		GKZ + K	D
12.	46828	12,5	GKZ + K	B
13.	47051	13,7	GKZ + K	B

5. Zkoušky provedené na vzorcích

5.1 Tahová zkouška

Do čelistí trhacího stroje byl upnut vzorek drátu o délce cca 50 cm. Do programu v PC se zadal průměr drátu a pustila se zkouška. Po přetržení drátu byl změřen průměr krčku pomocí digitálního posuvného měřítka. Z tohoto průměru se spočítalo zúžení Z . Hodnota R_m byla zaznamenána programem v PC. Hodnoty R_m a Z pro jednotlivé vzorky jsou uvedeny v tab.11. Trhací stroj, na kterém bylo měřeno je na obr.5.1.



Obr.5.1 Trhací stroj

Tab.11 Mez pevnosti a zúžení z tahové zkoušky

Číslo vzorku		Průměr vzorku d [mm]	Pevnost R_m [MPa]	Zúžení [%]
1.	46892	8,76	434	78,1
2.	46682		431	78,3
3.	45680	9,74	441	77,6
4.	45774		458	77,7
5.	46718		443	72,0
6.	47020	10,7	672	62,1
7.	46824		574	67,5
8.	46443	11,22	525	67,6
9.	47091		480	70,8
10.	46731	11,7	524	67,4
11.	47044		523	68,4
12.	46828	12,5	469	71,4
13.	47051	13,7	540	67,9

$$\text{Zúžení } Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \cdot 100 [\%] \quad (1)$$

S_0 ... počáteční plocha drátu [mm^2]

S_u ... plocha drátu po přetržení [mm^2]

Všechny hodnoty pevnosti R_m odpovídají předpisu danému pro jednotlivé stavy dodání. Tím, že je dána pouze horní hranice pevnosti, nebývá problém tuto podmínku splnit. Zúžení u všech vzorků kromě č.8., 10. a 13. odpovídá předpisu. U č.8. je zúžení nižší oproti minimální hodnotě o 0,4 %, u č.10. o 0,6 % a u č.13. o 0,1 %. To sice může mít vliv na lisování šroubu, ale při měření průměru krčku po skončení zkoušky stačí malý rozdíl hodnot a Z pak vychází jinak. To je vidět i ze vzorce (1) z kterého se zúžení počítá, protože vliv průměru je mocninný.

V příloze 3. jsou vloženy grafy tahových zkoušek.

U vzorků od firmy B se stávalo, že praskaly blízko čelistí. Kromě jednoho tak praskly všechny. Zkoušeno bylo sedm vzorků. Může to být tím, že tato firma používá elektrolytické nanášení fosfátu. Vzniká tak nejspíš vodíková křehkost, která se nedá odstranit, protože teploty žíhání k odstranění vodíkové křehkosti jsou v oblasti 300°C až 450°C, a to je teplota kdy už se fosfát poškozuje. Pokud by se toto tvrzení mělo vyvrátit nebo potvrdit, muselo by být zkoumání drátů od této firmy dlouhodobější.

5.2 Spektrální analýza

Chemické složení bylo měřeno v Komerční slévárně šedé a tvárné litiny v Turnově provozním jiskrovým spektrometrem OES. V příloze 8. jsou uvedeny hodnoty chemického složení všech vzorků.

Dráty nařezané na délku asi 10 cm se spěchovaly, ohnuly a sbrousily (obr.5.2). Z takto upraveného drátu se pak dělala spektrální analýza.



Obr.5.2 Drát připravený pro spektrální analýzu

Všechny vzorky odpovídají předpisu [6]. Při srovnání s materiálovými atesty vzorky také téměř odpovídají.

5.3 Rozměrová kontrola

5.3.1. Kontrola průměrů pomocí mikrometru

Průměry byly měřeny pomocí digitálního mikrometru (obr.5.3) na dvou různých místech. V obou se měřily dvě hodnoty na sebe kolmé. Horní tolerance rozměrů je nulová, tzn. že drát smí mít rozměry pouze menší. Dolní tolerance je 0,04 mm. Měření č.2. a 4. bylo vždy měřené kolmo na měření č.1. a 3.



Obr.5.3 Digitální mikrometr

Tab.12 Kontrola průměrů pomocí mikrometru

Číslo vzorku		Měřený průměr [mm]				Deklarovaný rozměr
		Číslo měření				
		1.	2.	3.	4.	
1.	46892	8,749	8,746	8,758	8,761	8,76 ⁰ – 0,04
2.	46682	8,733	8,711	8,728	8,718	
3.	45680	9,721	9,719	9,718	9,724	9,74 ⁰ – 0,04
4.	45774	9,713	9,722	9,711	9,716	
5.	46718	9,720	9,718	9,716	9,719	
6.	47020	10,677	10,680	10,681	10,676	10,7 ⁰ – 0,04
7.	46824	10,695	10,682	10,693	10,681	
8.	46443	11,186	11,198	11,204	11,205	11,22 ⁰ – 0,04
9.	47091	11,212	11,215	11,220	11,217	
10.	46731	11,664	11,630	11,668	11,632	11,7 ⁰ – 0,04
11.	47044	11,679	11,679	11,683	11,678	
12.	46828	12,498	12,488	12,498	12,486	12,5 ⁰ – 0,04
13.	47051	13,692	13,683	13,693	13,683	13,7 ⁰ – 0,04

U vzorků č.1., 2. a 10. jsou hodnoty mimo toleranci. A to u č.1. u měření 4. je rozměr větší o 0,001 mm; u č.2. u měření 2. a 4. jsou rozměry menší o 0,009 mm a 0,002 mm oproti dolnímu rozměru. U vzorku č.10. u měření 2. a 4. jsou rozměry menší o 0,03 mm a 0,028 mm oproti dolnímu rozměru.

Není dobré, že rozměry nevyšly, a musí se brát v potaz, že měření probíhá na malé části drátu z celého kruhu. To znamená, že rozptyl hodnot v celém kruhu bude ještě vyšší a nedodržení rozměrů horší. Když jsou rozměry větší, musí se matrice upravit leštěním tak, aby se drát nezařínal. Menší rozměr má za následek to, že materiál nevyplní zcela dutinu matrice. Pro lisování tolik nevádí menší průměr, jako jeho kolísání. Obsluha lisu stroj seřídí na určitou délku ústřížku a pokud průměr kolísá, mění se délka šroubu. Ta je potom moc malá nebo zbytečně velká.

5.3.2. *Ovalita drátu*

Přístrojem MMQ 44 CNC (obr.5.4) byla měřena ovalita drátu. Kde ovalita znamená, odchylku z kruhovitosti průměru.



Obr.5.4 Laboratoř metrologie – přístroj MMQ 44 CNC

Do sklíčidla se svislou osou se upevnil vzorek drátu o délce cca 2 cm. PC program nejprve vycentroval osu drátu s osou přístroje, aby nedošlo ke zkreslení údajů. Pak se spustilo samotné měření, kde výstupem byl protokol se zobrazením profilu drátu. Protokoly jsou umístěny v příloze 4.

Ovalita drátu může mít určitý vliv na lisování, ale výchyly rozměrů jsou řádově v mikrometrech. Než se ustřižený kus drátu dostane do první rány, vstoupí do procesu dost deformací na to, aby ovalita tak výrazně neovlivňovala lisování. [8]

5.4 Drsnost povrchu



Obr.5.5 Laboratoř metrologie – Profiloměr Hommel-Tester T 8000

Vzorkům o délce asi 2 cm byla měřena drsnost po délce na malé dráze. Tímto měřením by se odhalila rýha, která by byla po obvodě. Toto poškození by bylo pro tváření horší než podélná rýha. Měřicí dráha je 4,8 mm. V příloze 5. jsou umístěny protokoly s měřením. Pro příklad jsou uvedeny čtyři dráty co se zadíraly a dva co byly v pořádku. Hodnoty R_a , R_z a R_{max} jsou pro tyto dráty uvedeny v tab.13. Modře jsou označeny dobré dráty. Jak je vidět z tab.13, špatné dráty mají větší drsnost než ty dobré.

Tab.13 Drsnost drátu

Číslo vzorku	3. 45680	4. 45774	6. 47020	9. 47091	10. 46731	12. 46828
R_a	0,86	1,31	0,53	0,41	2	2,35
R_z	5,59	6,77	3,58	3,24	13,58	12,20
R_{max}	6,39	8,90	5,15	5,52	17,57	16,70

5.5 Měření tvrdosti podle Brinella

Měřeno bylo na tvrdoměru UH 250 Reicherter obr.5.6 (firmy Stiefelmayer). Přesnost přístroje je ± 5 HB.



Obr.5.6 Tvrdoměr UH 250

Tab.14 Měření tvrdosti

Číslo vzorku		Tvrdost [HB]	
		Příčný řez ○	Podélný řez □
1.	46892	143	136
2.	46682	148	136
3.	45680	142	137
4.	45774	154	149
5.	46718	155	147
6.	47020	207	193
7.	46824	183	183
8.	46443	172	166
9.	47091	163	160
10.	46731	176	165
11.	47044	185	175
12.	46828	157	153
13.	47051	175	173

V tab.14 jsou zobrazeny hodnoty tvrdosti podle Brinella v podélném i příčném řezu. V příčném řezu je tvrdost větší. To může být způsobeno anizotropií mech. vlastností z předchozího tváření polotovaru. Největší tvrdost by měly mít dráty tažené, nejnižší tažené – žíhané – tažené a mezi nimi jsou dráty žíhané – tažené. Nejlépe by měly jít tvářet dráty s menší tvrdostí. Srovnání drátů se stejným stavem dodání ukazuje, že jsou mezi tvrdostmi určité rozdíly. Ale dráty, které se zadíraly, nemají nijak výrazně vyšší tvrdost. Tudiž si myslím, že v těchto případech nezáleží na tvrdosti, ale na jiné vlastnosti drátu.

5.6 Plošná hmotnost a tloušťka fosfátové vrstvy

Plošná hmotnost byla zjišťována metodou měření úbytku hmotnosti.

Nařezané a téměř dokonale odmaštěné vzorky byly nejprve jednotlivě předváženy, kvůli správnému nastavení hodnot na mechanických analytických vahách CHIRANA A3/200 viz obr.5.7.

Po zvážení všech vzorků bylo provedeno odfosfátování v lázni P3-UPON a P3NEWTRAPON při teplotě 85°C. Ihned po odfosfátování následovalo nové měření stejným postupem jako předtím.



Obr.5.7 Mechanické analytické váhy CHIRANA A3/200

Výpočet plošné hmotnosti je uveden v rovnici (2). Tloušťka vrstvy je vypočtena pomocí vzorce (3). Ovšem tato tloušťka je pouze přibližná, protože hustota povlaku není přesná. Fosfátový povlak pro tváření za studena se neskládá jen z jedné složky, v případě zinečnatého fosfátu je to fosforylit a hopeit, ale i z již dříve zmíněného mýdla. Pro přibližný výpočet nám postačí hustota fosforylitu, kdy zanedbáváme ostatní složky i nerovnoměrnost vrstvy fosfátu.

$$m_A = \frac{m_1 - m_2}{S} \cdot 10 \quad [g \cdot m^{-2}] \quad (2)$$

$$h = \frac{m_A}{\rho} [\mu m] \quad (3)$$



m_A ...plošná hmotnost $[g.m^{-2}]$, m_1 ...hmotnost vzorku s povlakem $[g]$,

m_2 ...hmotnost vzorku bez povlaku $[g]$, S ...plocha vzorku $[cm^2]$,

ρ ...hustota povlaku $[g.cm^{-3}]$ hustota fosfofylitu $\rho = 3,13 g.cm^{-3}$,

h ...tloušťka vrstvy $[\mu m]$

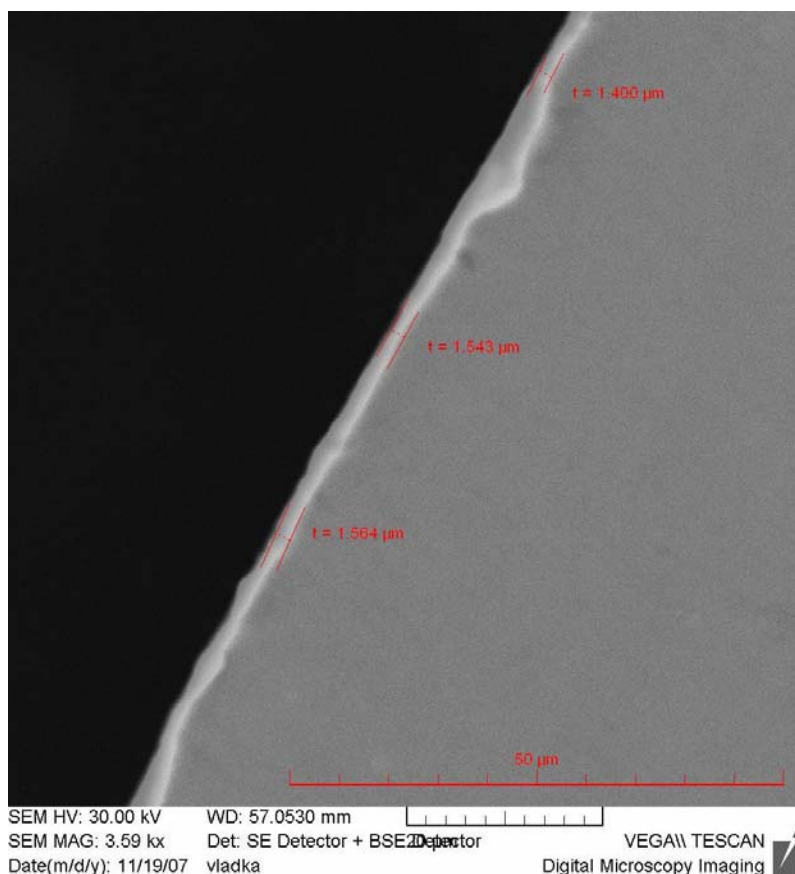
Tab.15 Plošná hmotnost fosfátových povlaků

Číslo vzorku		Váha vzorku		Průměr vzorku d $[mm]$	Délka vzorku L $[mm]$	Plocha vzorku S $[mm^2]$	Plošná hmotnost m_a $[g/m^2]$
		před m_1 $[g]$	po m_2 $[g]$				
1.	46892	18,6514	18,64415	8,76	39,79	1093,78	6,63
2.	46682	14,1911	14,1861	8,76	30,25	830,30	6,02
3.	45680	29,0636	29,0560	9,74	50,07	1530,52	4,96
4.	45774	30,6252	30,6131	9,74	52,77	1612,31	7,5
5.	46718	22,3742	22,3655	9,74	38,55	1177,17	7,39
6.	47020	28,3600	28,34515	10,7	40,64	1364,2	10,89
7.	46824	25,3511	25,3411	10,7	36,19	1215,16	8,23
8.	46443	38,5294	38,5211	11,22	50,01	1760,58	4,71
9.	47091	22,5061	22,4999	11,22	29,35	1033,35	5,99
10.	46731	49,4144	49,3639	11,7	59,27	2172,61	23,24
11.	47044	26,2639	26,2584	11,7	31,30	1148,9	4,79
12.	46828	58,5160	58,5002	12,5	61,14	2400,00	6,58
13.	47051	39,2838	39,2764	13,7	34,09	1465,94	5,05

Tab.16 Tloušťka fosfátové vrstvy

Číslo vzorku	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
Tloušťka vrstvy $[\mu m]$	2,12	1,92	1,58	2,40	2,36	3,48	2,63	1,50	1,91	7,43	1,53	2,10	1,60

Vzorky č.1., 2., 4., 5., 6. a 10. odpovídají spodním hodnotám plošné hmotnosti uvedeným na materiálovém atestu. Ostatní vzorky mají nižší plošnou hmotnost než je uvedeno na atestu. Tloušťka fosfátové vrstvy je kolem 2 μm . Pro snadnější tváření je lepší větší tloušťka fosfátu. Ale hlavní je, aby byl fosfátový povlak rovnoměrný. Pokusila jsem se vyfotit vrstvu pro názornost rovnoměrnosti, přestože je povlak měkký a během broušení se částečně obrousí. Na obr.5.8 je změřena tloušťka vrstvy.



Obr.5.8 Tloušťka vrstvy

5.7 Rastrovací elektronový mikroskop

Fotky fosfátu na drátech byly získány z rastrovacího elektronového mikroskopu Tescan VEGA XMU (obr.5.9). Nejprve se cca 2cm dlouhé vzorky vložily do kádinky s acetonem. Ta byla umístěna v ultrazvukové lázni SONOREX SUPER RK 31 (obr.5.10). Po cca 3 minutách se vzorky vyndaly a nechaly oschnout.

Pro lepší zobrazení nevodivého fosfátového povrchu se používá zlacení vzorků pomocí přístroje SC7620 Sputter Coater (obr.5.11).



Obr.5.9 rastrovacího elektronový mikroskop Tescan VEGA XMU



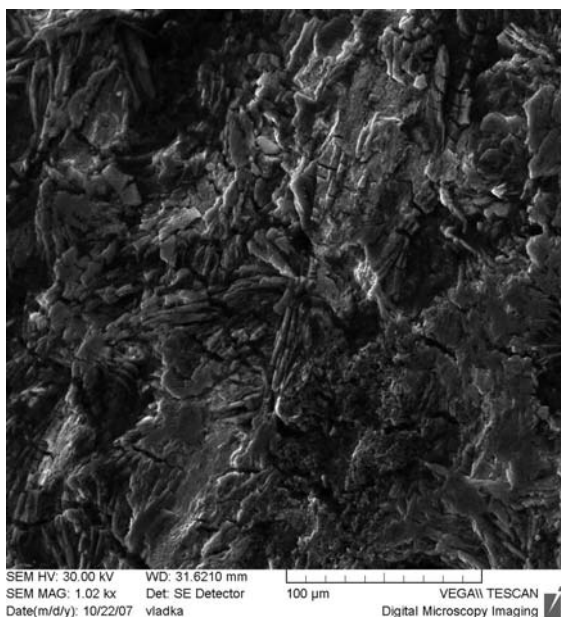
Obr.5.10 Ultrazvuková lázeň SONOREX SUPER RK 31



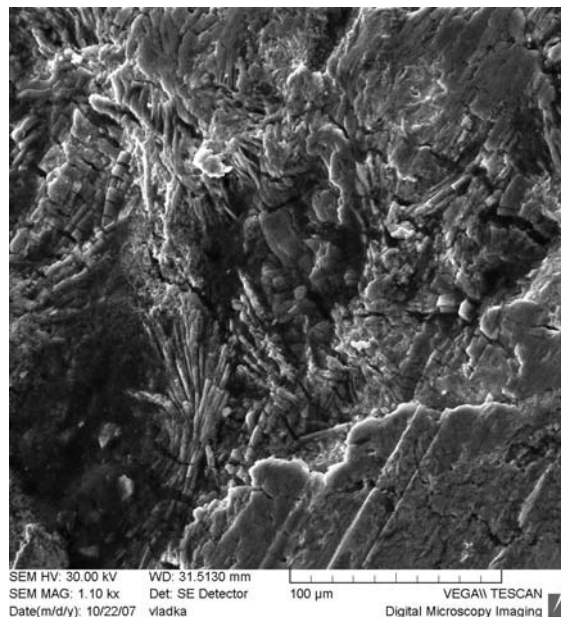
Obr.5.11 SC7620 Sputter Coater

5.7.1 Fotky fosfátu na drátech

Pro jednoznačné porovnání bylo vše foceno s měřítkem 500×. Na proces fosfátování má vliv velké množství faktorů. Zda je povrch aktivován, zda jde o chemické nebo elektrolytické nanášení fosfátu. Proto každý fosfát vypadá jinak. Na fotkách jsou vidět stopy po tažení drátu od dodavatele. Na obr. 5.12 *a* je skoro nepoškozený fosfát, na obr. 5.12 *b* fosfát s viditelnými stopami po tažení. Obojí je foceno na stejném vzorku, ale v jiném místě. Ostatní fotky jsou umístěny v příloze 6. a na příloženém CD.

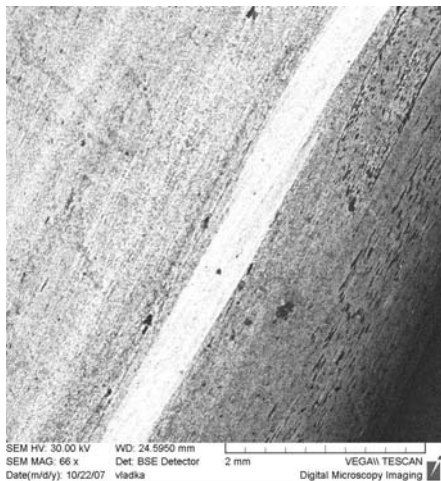


Obr.5.12 *a* Nepoškozený fosfát



Obr.5.12 *b* Stopy po tažení

Jak vypadá rýha na drátu zobrazená elektronovým mikroskopem je ukázáno na obr.5.12 *c*.



Obr.5.12 *c* Rýha na drátu

5.8 Metalografie drátu

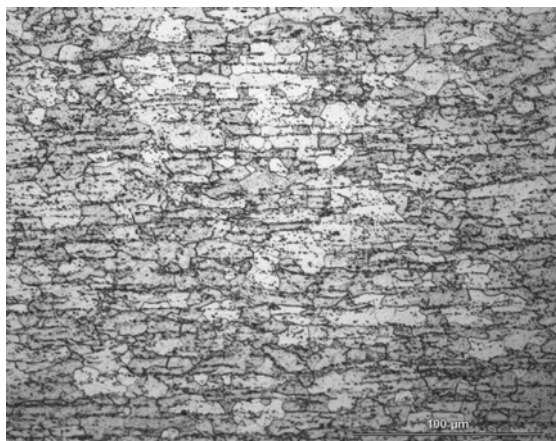
5.8.1 Struktura drátu

Fotky byly prováděny pomocí programu Lucia. V příloze 7. jsou umístěny fotky s měřítkem 200× v podélném i příčném řezu, ostatní fotky jsou na přiloženém CD. U drátů tažených jde o feriticko – perlitickou strukturu. U drátů žíhaných – tažených a tažených – žíhaných – tažených jde o globulární perlitickou strukturu. Velikost zrna je hodnocena podle normy DIN EN ISO 643 resp. ASTM E 112. Velikost zrna je uvedena v tab.17. Vměstky všech vzorků odpovídají požadavkům. Na obr.5.13 *b* je jedna ze struktur, které byla měřena velikost zrna.

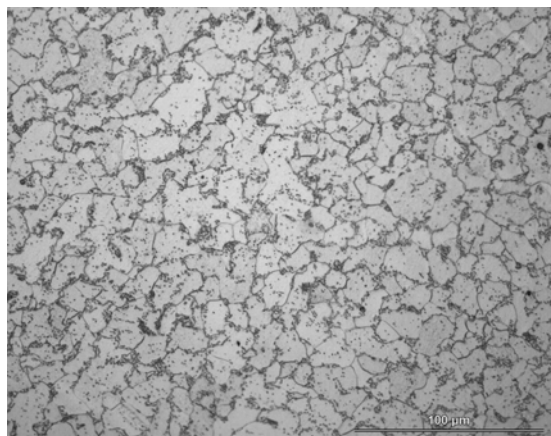
V podélném řezu je vidět deformační textura (obr.5.13 *a*) ve směru tváření (tažení polotovaru).

Tab.17 Velikost zrna

Číslo vzorku	1. 46892	2. 46682	3. 45680	4. 45774	5. 46718	6. 47020	7. 46824
Velikost zrna	8	8	8	8	7	7	7
Číslo vzorku	8. 46443	9. 47091	10. 46731	11. 47044	12. 46828	13. 47051	–
Velikost zrna	8	7	6	7	7	7	



Obr.5.13 *a* Deformační textura 500×



Obr.5.13 *b* Struktura perlitická 500×

6. Návrh sledování kvality povrchových úprav fosfátováním ve firmě Kamax

Jedním z bodů diplomové práce bylo hodnocení fosfátového povlaku ve firmě Kamax. Z mých dříve uvedených zjištění vyplývá, že pro nejlepší hodnocení těchto povlaků je stanovení plošné hmotnosti povlaku gravimetrickými metodami. K tomu jsou potřeba analytické váhy s přesností na 0,1 mg. Při nanášení mýdla před tažením u dodavatele dochází k reakci a vzniká nerozpustný stearan zinečnatý. Ten na sebe váže vodu a s rostoucím časem dochází k vysychání mýdla a tím ke snižování plošné hmotnosti m_A . Z tohoto důvodu musí docházet ke zkouškám co nejdříve po přijetí od přepravce. Vzhledem k tomu, že mazací účinek je i pomocí mýdla, je na materiálovém atestu uvedena m_A i s mýdlem. Úbytek m_A s časem vysvětluje, proč na vzorcích vycházela plošná hmotnost nižší než na atestech. Pro názornost je v kapitole 6.1 změřen úbytek m_A s časem.

6.1 Měření rozdílu plošné hmotnosti po určitém časovém úseku

Na materiálových atestech je uvedeno rozmezí plošné hmotnosti, ne konkrétní hodnota. Abych ukázala, jak rychle se plošná hmotnost vlivem času snižuje, provedla jsem nové vážení vzorků po týdnu. Pak teprve byly vzorky odfosfátovány. Jak je vidět v tab.18 některým drátům se plošná hmotnost snižuje více a některým méně. Dodavatelé provádějí zjišťování m_A po tažení, proto mají hodnoty m_A vyšší.

Tab.18 Měření rozdílu plošné hmotnosti po určitém časovém úseku

Číslo vzorku	Váha vzorku			Plocha vzorku S [mm ²]	Plošná hmotnost m _A [g/m ²]	
	před m ₁ [g]		po m ₂ [g]		1.měření	2.měření
	1.měření	2.měření				
01	37,5852	37,5848	37,5693	1976,91	8,04	7,84
02	29,0636	29,0633	29,0560	1530,52	4,97	4,77
11	30,6118	30,6116	30,6027	1610,28	5,65	5,53
21	30,6252	30,6250	30,6131	1612,31	7,5	7,38
31	58,5160	58,5155	58,5002	2400,00	6,58	6,38
41	49,4144	49,4136	49,3639	2172,61	23,244	22,88

IV. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo zhodnocení vlivu materiálu a fosfátového povlaku na objemové tváření za studena. Pro posouzení všech vlivů bylo nutné provést potřebné množství zkoušek. Na zadírání drátu nemají podle provedených experimentů vliv vlastnosti samotného materiálu, ale především fosfátový povlak. Velikost vrstvy fosfátového povlaku je nejdůležitější, a také jeho celistvost a rovnoměrnost.

Sledování kvality fosfátového povlaku ve firmě Kamax s. r. o. – na základě provedených experimentů navrhuji sledování kvality pomocí stanovení plošné hmotnosti povlaku gravimetrickými metodami. K tomu jsou zapotřebí analytické váhy s přesností na 0,1 mg. K měření musí docházet co nejdříve po přijetí od přepravce. Navrhovala bych, aby ke sledování kvality fosfátu docházelo na každé dodávce při vstupní kontrole. Tím by se vyloučil vliv fosfátu na lisování.

Návrh specifikace materiálu pro dodavatele je takový, aby dodavatelé uváděly na materiálových atestech přesnější hodnoty náběru fosfátu. Dodavatel A má nejužší rozmezí hodnot a naměřené hodnoty byly nejbližší tomuto rozmezí. Drát od dodavatele C odpovídal předpisu. Dodavatelé B a D mají moc velké rozmezí náběru fosfátu. Dodavatel B vychází nejhůře, protože naměřené hodnoty se ani jednou nepřiblížili spodní hranici náběru fosfátu uvedenému na materiálovém atestu. Doporučuji jednání s dodavateli (především B), ve kterém bude zdůrazněno, že atestované hodnoty fosfátu neodpovídají, podle provedených experimentů, skutečnosti. Jednání s dodavateli by mělo zahrnovat způsob nápravy.

I když podle provedených experimentů je pro sklon k zadírání rozhodující kvalita fosfátové vrstvy, je nutné vzít v úvahu také to, že nejenom materiál a povlak ovlivňují objemové tváření za studena. Je to kombinace nástrojů, strojů i chladících médií. Pro další zlepšení výroby by mělo následovat dlouhodobější zkoumání všech vlivů dříve uvedených.

V. Seznam použité literatury

- [1] KAMAX [online]. [cit. 2007–12–17].
URL:< http://www.kamax.cz/cz/html/index_cs.html>
- [2] KAMAX Směrnice – Kontrola materiálu Q 1017 CZ. 2005.
- [3] KAMAX Norma – KN 105.01. 2005. Technische Lieferbedingungen:
Walzdraht ungeglüht gezogen.
- [4] KAMAX Norma – KN 105.02. 2005. Technische Lieferbedingungen:
Walzdraht geglüht gezogen.
- [5] KAMAX Norma – KN 105.03. 2005. Technische Lieferbedingungen:
Walzdraht gezogen geglüht nachgezogen.
- [6] KAMAX Norma – KN 201. 2005. Technische Lieferbedingungen:
Werkstoffanalysen.
- [7] KAMAX Směrnice – Lisování FP 1003 CZ. 2006.
- [8] Osobní sdělení pracovníků výroby.
- [9] KAMAX Směrnice – Tepelné zpracování FV 1007 CZ. 2007.
- [10] KRAUS, Václav. Povrchy a jejich úpravy. 1.vyd. Plzeň: Skripta ZČU, 2000.
216 s.
- [11] Český obranný standart – Nekomové anorganické povlaky pro součásti
vojenské techniky. 1.vyd. Praha: Úřad pro obranu standardizaci,
katalogizaci a státní ověřování jakosti. 2005. ČOS 999914.



- [12] VOJTĚCH Dalibor. Kovové materiály. 1.vyd. Praha: Skripta VŠCHT. 2006. ISBN 80-7080-800-1.

- [13] ŽÍDEK Milan – DĚDEK Vladimír – SOMMER Boris. Tváření oceli. 1.vyd. Praha: SNTL, Bratislava: Alfa. 1988. 520 s.

- [14] RAUSCH, Werner. Phosphating of Metals. 2nd edition. Teddington, Middx.(UK): Finishing Publications, 1991. 418 s. ISBN 0904477118.



VI. Seznam příloh

Příloha 1. – Výkres sestavy nástroje	(1 strana)
Příloha 2. – Skupina jakostí	(1 strana)
Příloha 3. – Tahové diagramy	(4 strany)
Příloha 4. – Ovalita	(6 stran)
Příloha 5. – Drsnost	(6 stran)
Příloha 6. – Fosfát	(3 strany)
Příloha 7. – Struktury	(13 stran)
Příloha 8. – Chemické složení	(3 strany)

[illegible]

Chemické složení jednotlivých jakostí rozdělených do skupin

Skupina	Kalibrační vzorek	Jakost	Min	Cr	Mo
1.	QSt 36-3	QSt32-38	0,2 - 0,45	Stopy	Stopy
		SJ32	max 0,35	Stopy	Stopy
		CQ15	0,3 - 0,6	Stopy	Stopy
		19MnB4	0,75 - 1	0,25 - 0,35	Stopy
2.	19MnB4	23MnB2	0,8 - 1	0,25 - 0,35	Stopy
		28B2	0,9 - 1,1	0,2 - 0,35	Stopy
		35B2	0,7 - 0,9	0,15 - 0,30	Stopy
		32CrB4	0,6 - 0,9	0,9 - 1,2	Stopy
3.	41CrS4	34Cr4	0,6 - 0,9	0,9 - 1,2	Stopy
		37Cr4	0,6 - 0,9	0,9 - 1,2	Stopy
		41Cr4	0,6 - 0,9	0,9 - 1,2	Stopy
		41CrS4	0,6 - 0,9	0,9 - 1,2	Stopy
4.	34CrMo4	34CrMo4	0,7 - 0,9	1,05 - 1,2	0,15 - 0,3
5.	21CrMoV57	21CrMoV57	0,35 - 0,85	1,2 - 1,5	Stopy
6.	16MnCr5	16MnCr5	1,0 - 1,3	0,8 - 1,10	Stopy
7.	12NiCr3	12NiCr3	0,3 - 0,6	0,4 - 0,7	Stopy





Tahové diagramy

Typ zkoušky: Kovové materiály, zkouška tahem ČSN EN - 20898-1

Datum zkoušky: 1.11.2007
Čas zkoušky: 13:57

Vzorek: 0
Číslo kalení/šarže: 46892

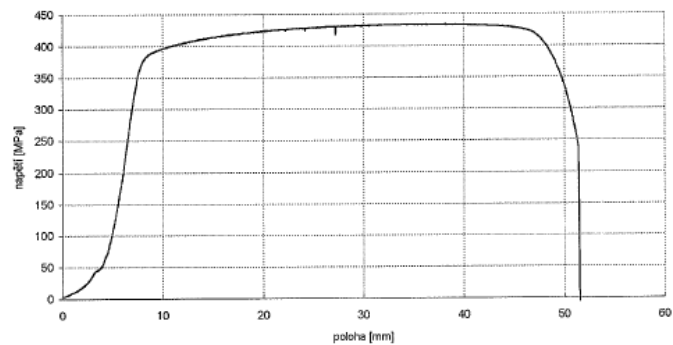
Počáteční rozměry:
Průřez S₀: 60,27 mm²
Délka l₀: 80,00 mm

Výsledky zkoušky:

F _m	26,17 kN
R _m	434,15 MPa
Rel	– MPa
R _{p 0,2}	373,93 MPa

Zatěžovací diagram

vzorek č.



Typ zkoušky: Kovové materiály, zkouška tahem ČSN EN - 20898-1

Datum zkoušky: 1.11.2007
Čas zkoušky: 13:45

Vzorek: 0
Číslo kalení/šarže: 46882

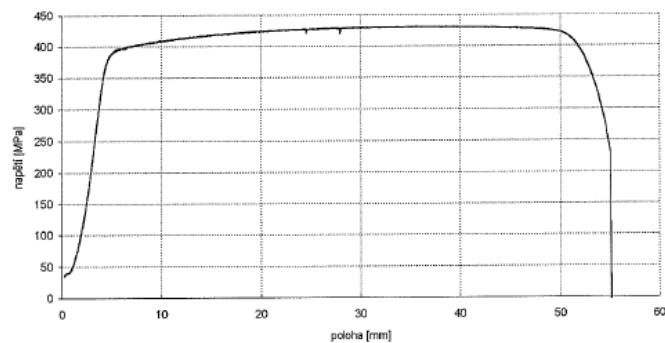
Počáteční rozměry:
Průřez S₀: 60,27 mm²
Délka l₀: 80,00 mm

Výsledky zkoušky:

F _m	25,99 kN
R _m	431,16 MPa
Rel	– MPa
R _{p 0,2}	380,72 MPa

Zatěžovací diagram

vzorek č.





Typ zkoušky: Kovové materiály, zkouška tahem ČSN EN - 20898-1

Datum zkoušky: 1.11.2007
Čas zkoušky: 13:07

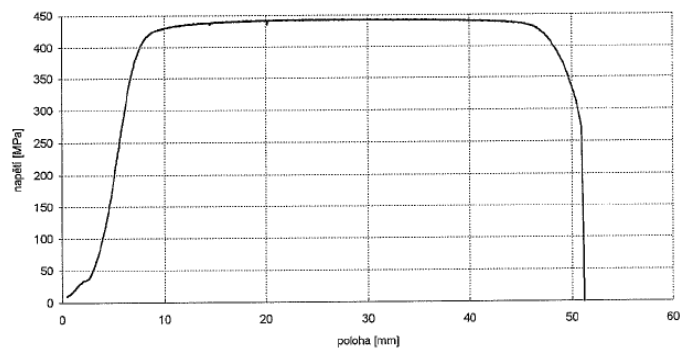
Vzorek: 1
Číslo kalení/šarže: 46718

Počáteční rozměry:
Průřez S₀: 74,51 mm²
Délka l₀: 80,00 mm

Výsledky zkoušky:

F _m	33,00 kN
R _m	442,83 MPa
Rel	– MPa
R _{p 0,2}	388,41 MPa

Zatěžovací diagram vzorek č. 1



Typ zkoušky: Kovové materiály, zkouška tahem ČSN EN - 20898-1

Datum zkoušky: 1.11.2007
Čas zkoušky: 13:21

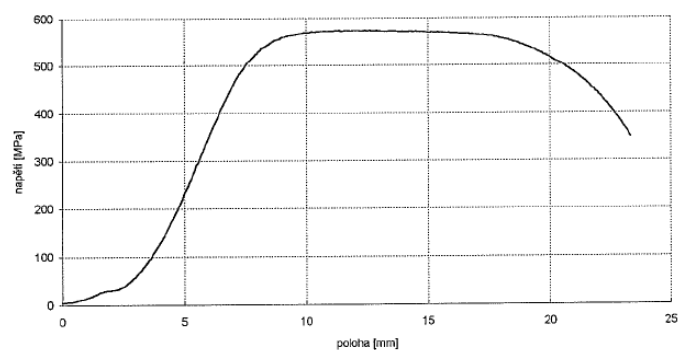
Vzorek: 1
Číslo kalení/šarže: 46824

Počáteční rozměry:
Průřez S₀: 89,92 mm²
Délka l₀: 80,00 mm

Výsledky zkoušky:

F _m	51,64 kN
R _m	574,32 MPa
Rel	– MPa
R _{p 0,2}	548,30 MPa

Zatěžovací diagram vzorek č. 1





Typ zkoušky: Kovové materiály, zkouška tahem ČSN EN - 20898-1

Datum zkoušky: 1.11.2007
Čas zkoušky: 13:34

Vzorek: 1
Číslo kalení/šarže: 46443

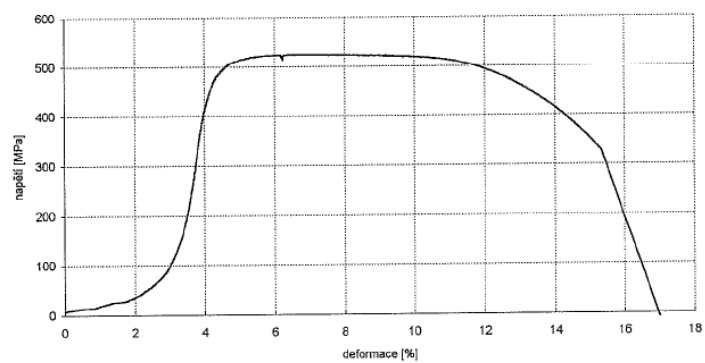
Počáteční rozměry:
Průřez S₀: 98,87 mm²
Délka l₀: 80,00 mm

Výsledky zkoušky:

F _m	51,90 kN
R _m	524,977 MPa
Rel	– MPa
R _{p 0,2}	508,333 MPa

Zatěžovací diagram

vzorek č. 1



Typ zkoušky: Kovové materiály, zkouška tahem ČSN EN - 20898-1

Datum zkoušky: 1.11.2007
Čas zkoušky: 13:15

Vzorek: 1
Číslo kalení/šarže: 47091

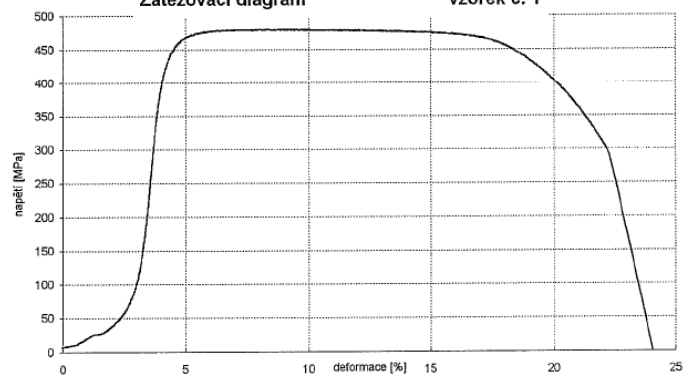
Počáteční rozměry:
Průřez S₀: 98,87 mm²
Délka l₀: 80,00 mm

Výsledky zkoušky:

F _m	47,44 kN
R _m	479,866 MPa
Rel	– MPa
R _{p 0,2}	439,622 MPa

Zatěžovací diagram

vzorek č. 1





Typ zkoušky: Kovové materiály, zkouška tahem ČSN EN - 20898-1

Datum zkoušky: 1.11.2007
Čas zkoušky: 13:28

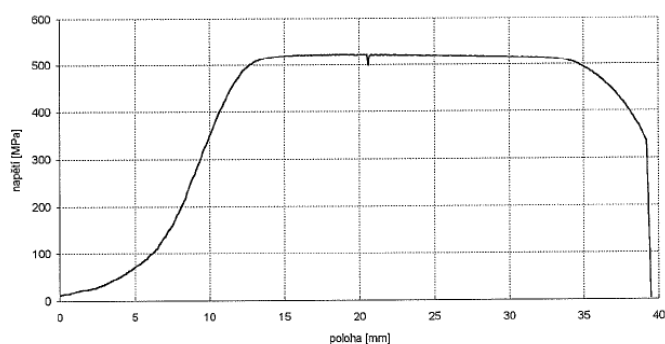
Vzorek: 1
Číslo kalení/šarže: 47044

Počáteční rozměry:
Průřez S₀: 107,51 mm²
Délka l₀: 80,00 mm

Výsledky zkoušky:

F _m	56,27 kN
R _m	523,41 MPa
Rel	— MPa
R _p 0,2	507,01 MPa

Zatěžovací diagram vzorek č. 1



Typ zkoušky: Kovové materiály, zkouška tahem ČSN EN - 20898-1

Datum zkoušky: 1.11.2007
Čas zkoušky: 12:55

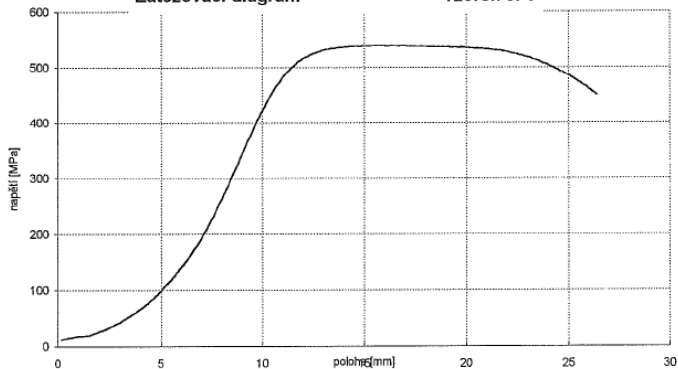
Vzorek: 1
Číslo kalení/šarže: 47051

Počáteční rozměry:
Průřez S₀: 147,41 mm²
Délka l₀: 80,00 mm

Výsledky zkoušky:

F _m	79,53 kN
R _m	539,55 MPa
Rel	— MPa
R _p 0,2	528,19 MPa

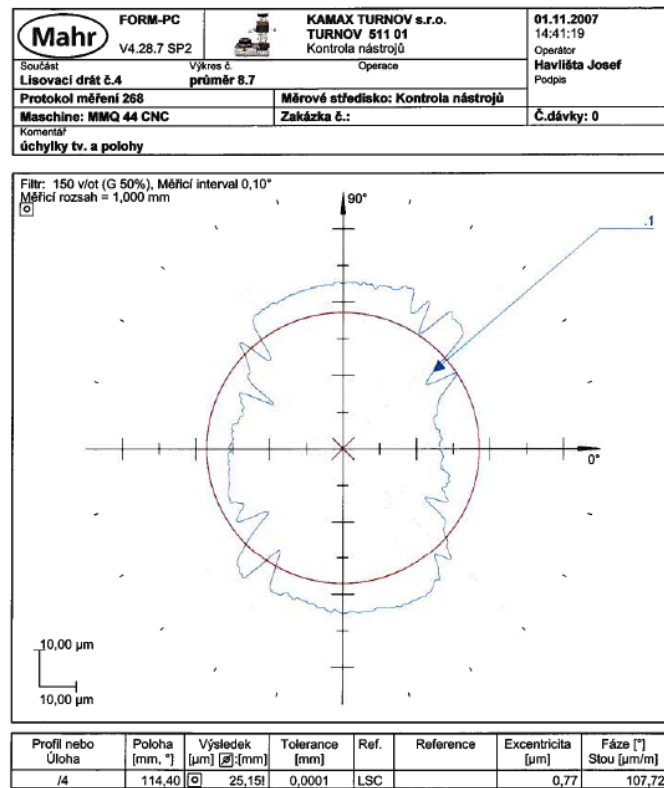
Zatěžovací diagram vzorek č. 1



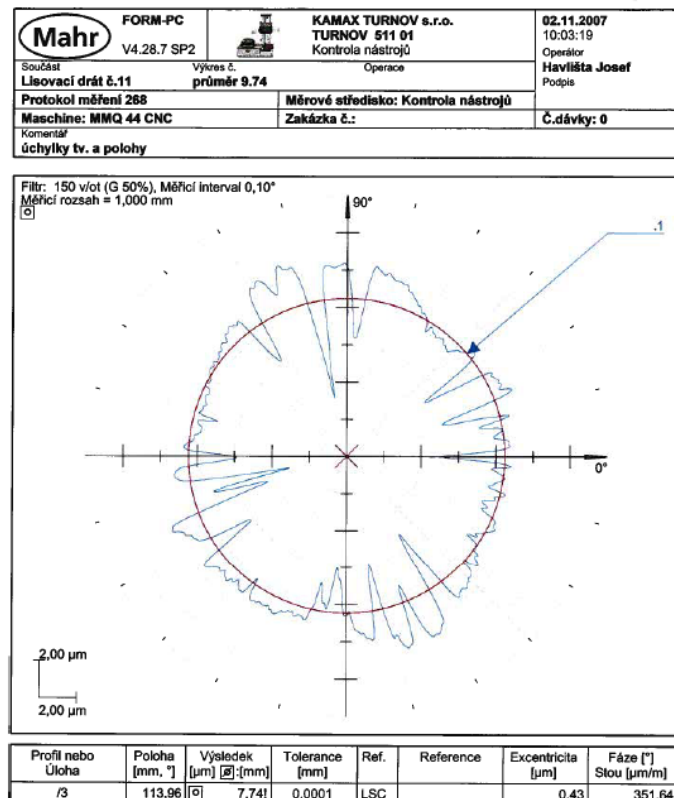


Ovalita

Vzorek č.2. 46682

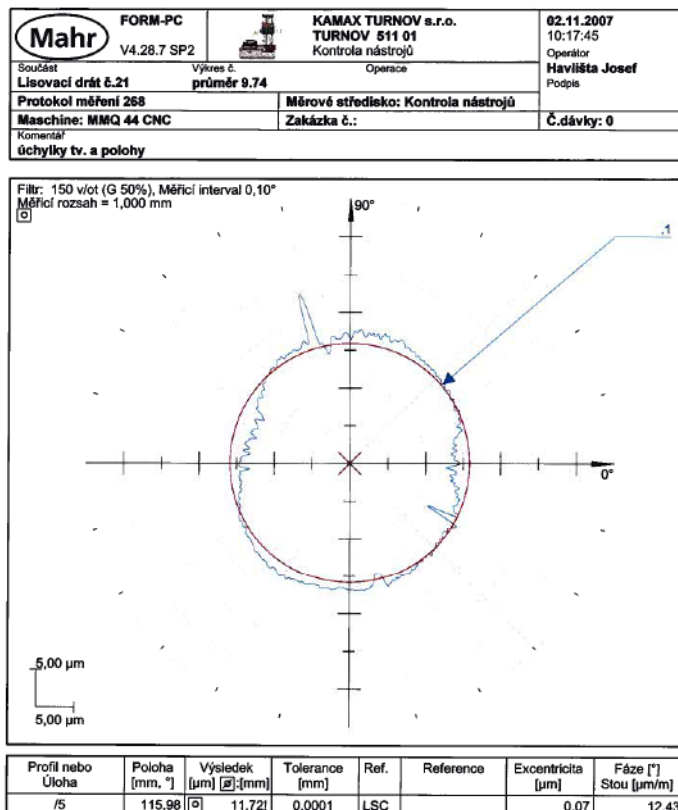


Vzorek č.3. 45680

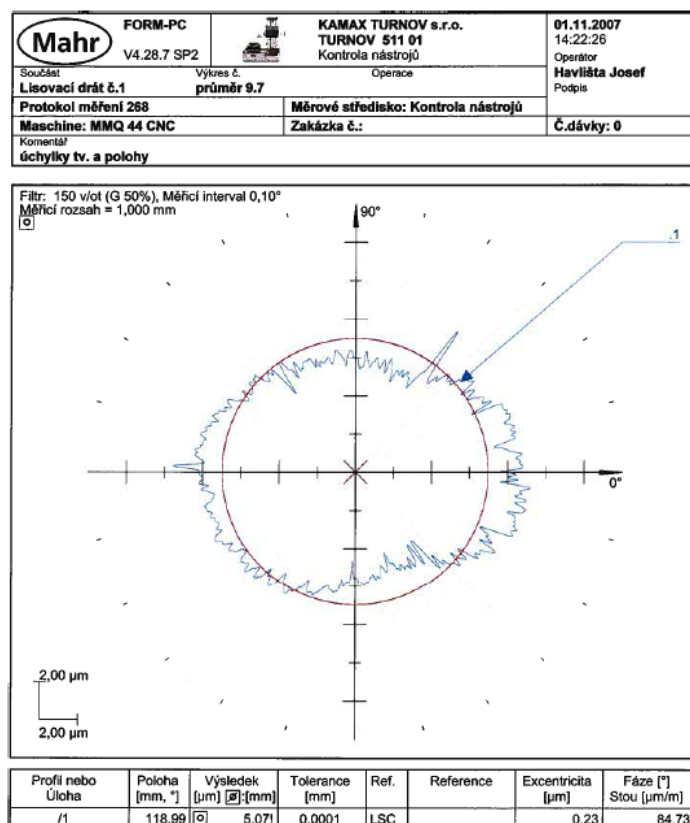




Vzorek č.4. 45774

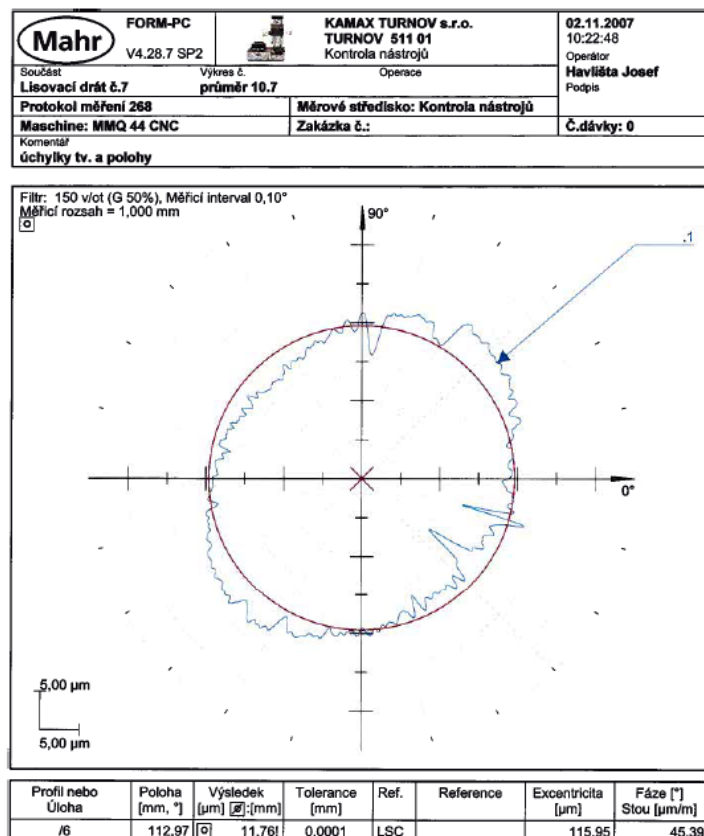


Vzorek č.5. 46718

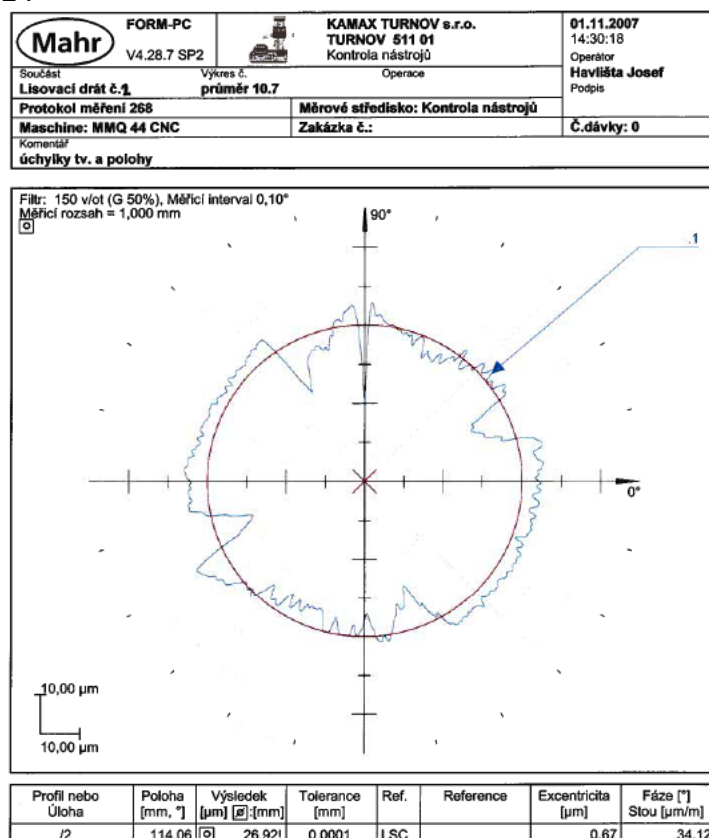




Vzorek č.6. 47020

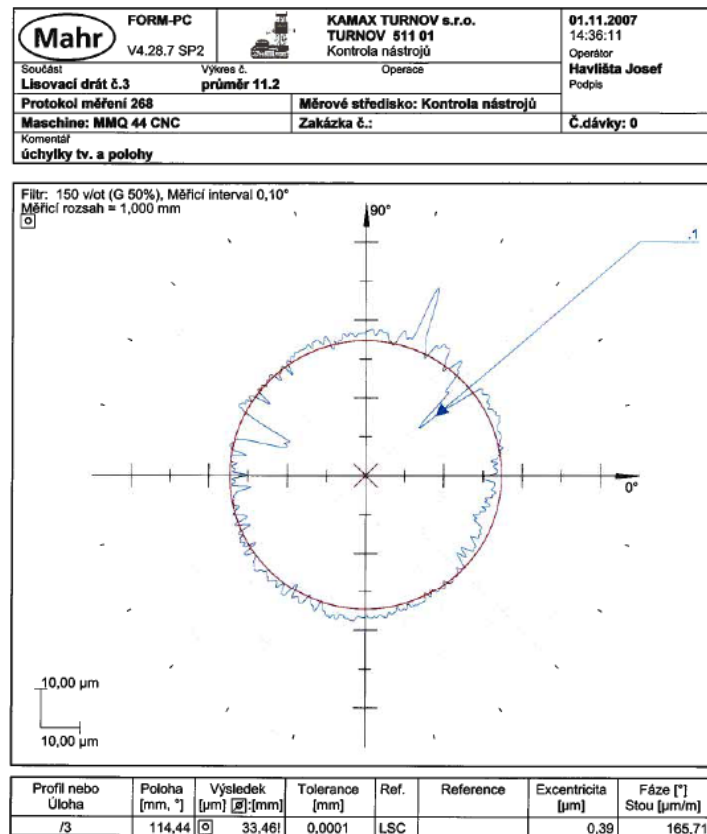


Vzorek č.7. 46824

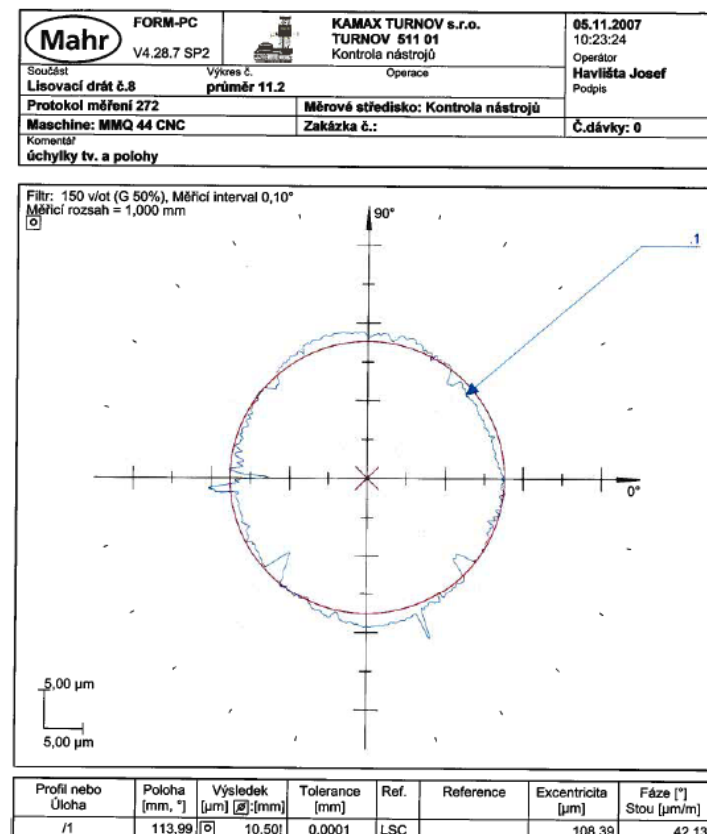




Vzorek č.8. 46443

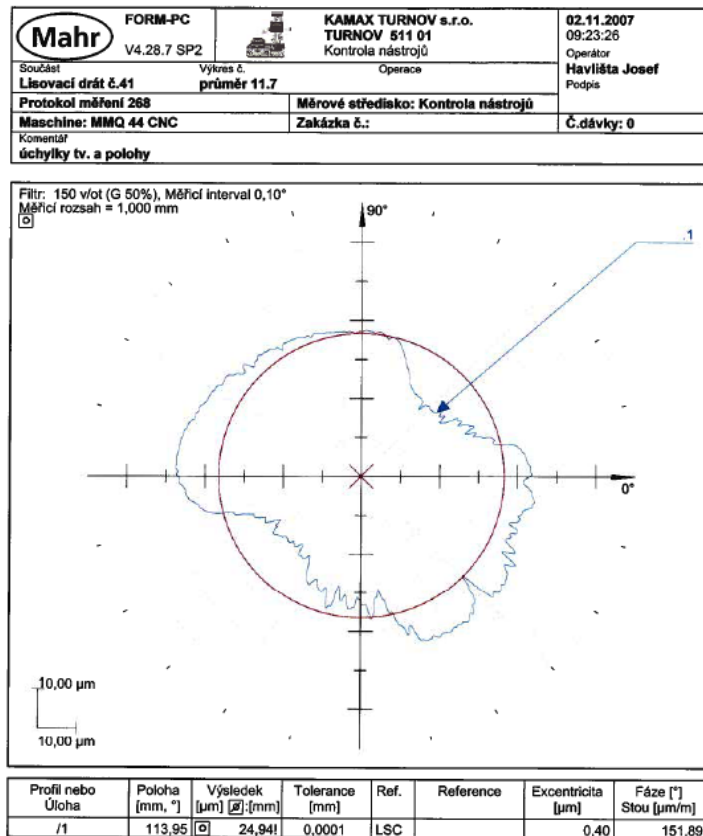


Vzorek č.9. 47091

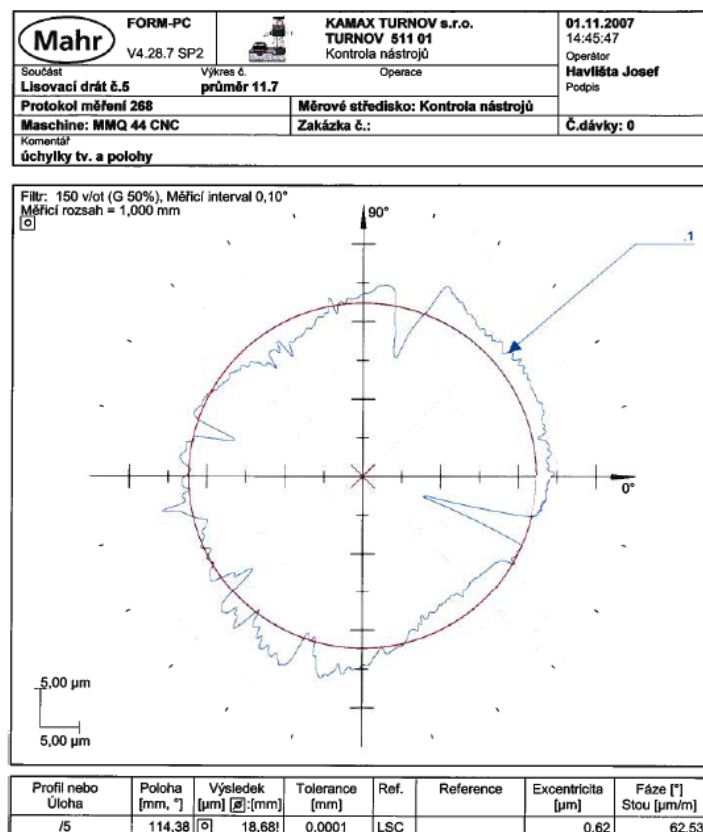




Vzorek č.10. 46731



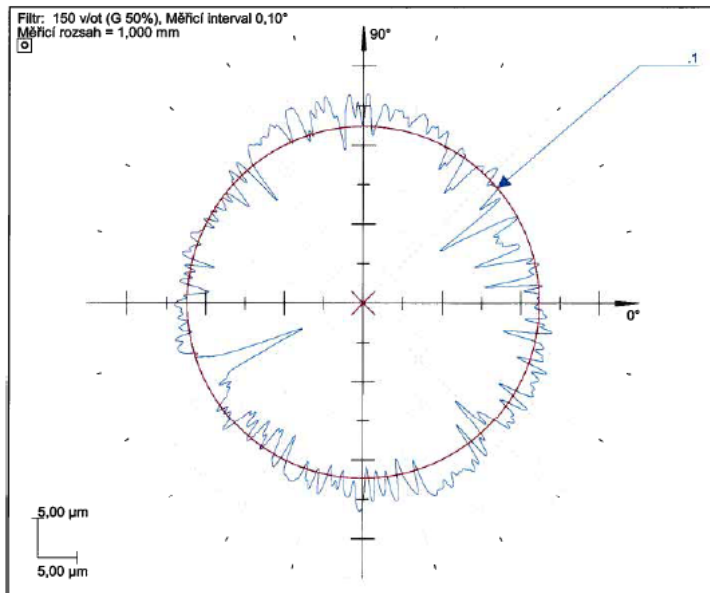
Vzorek č.11. 47044





Vzorek č.12. 46828

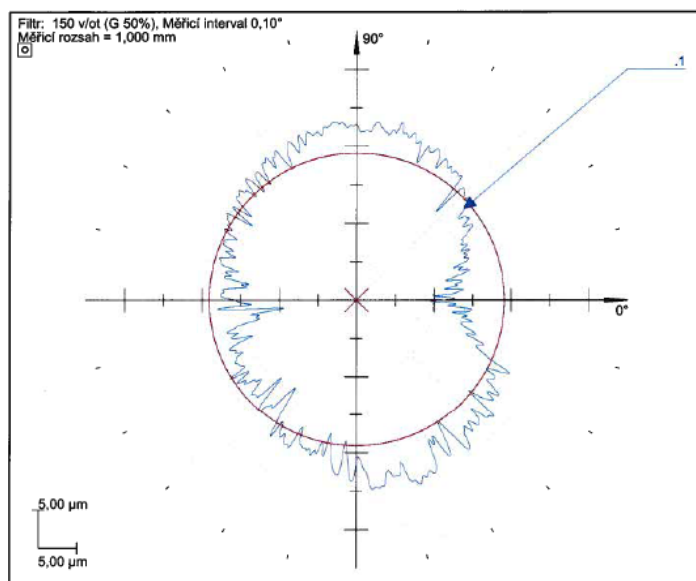
Mahr	FORM-PC V4.28.7 SP2		KAMAX TURNOV s.r.o. TURNOV 511 01 Kontrola nástrojů	02.11.2007 09:30:16 Operátor Havlíšta Josef Podpis
Součást Lisovací drát č.31	Výkres č. průměr 12.5	Operace		
Protokol měření 268	Měrové středisko: Kontrola nástrojů			
Maschine: MMQ 44 CNC	Zakázka č.:		Č.dávky: 0	
Komentář úchytky tv. a polohy				



Profil nebo Úloha	Poloha [mm, °]	Výsledek [μm] [σ]:[mm]	Tolerance [mm]	Ref.	Reference	Excentricita [μm]	Fáze [°] Stou [μm/m]
/2	113,94 [σ]	18,171	0,0001	LSC		0,31	301,56

Vzorek č.13. 47051

Mahr	FORM-PC V4.28.7 SP2		KAMAX TURNOV s.r.o. TURNOV 511 01 Kontrola nástrojů	01.11.2007 12:24:16 Operátor Havlíšta Josef Podpis
Součást Lisovací drát	Výkres č. průměr 13.7	Operace		
Protokol měření 268	Měrové středisko: Kontrola nástrojů			
Maschine: MMQ 44 CNC	Zakázka č.:		Č.dávky: 0	
Komentář úchytky tv. a polohy				



Profil nebo Úloha	Poloha [mm, °]	Výsledek [μm] [σ]:[mm]	Tolerance [mm]	Ref.	Reference	Excentricita [μm]	Fáze [°] Stou [μm/m]
/5	113,80 [σ]	16,031	0,0001	LSC		0,13	42,41



Vzorek č.6. 47020

KAMAX TURNOV

S.r.o.

Název dílu : Kus 7 - pr.10,69

Číslo dílu : podélně

Měřil : Brouček

Telefon : 481353149

HOMMELWERKE

Turbo Drsnost V3.34

Podmínky měření:

Typ snímace : TK300

Měřicí rozsah : 80 µm

LV: Waveline 120

Měřicí dráha : 4.80 mm

Posuvová rychlost : 0.50 mm/s

Lc (Cut Off) : 0.800 mm

Filtr : M1 DIN4777

Lc / Ls: 300

Měřicí hodnoty : 8000

Hladina rezu C1 : 0.000 µm

Hladina rezu C2 : 0.000 µm

Nulová linie Pmr: 0.00 %

Nulová linie Rmr: 0.00 %

	skutečná	Td	Th
Ra	0.53 µm	0.00	0.00
Rz	3.58 µm	0.00	0.00
Rmax	5.15 µm	0.00	0.00
R3z	2.45 µm	0.00	0.00
Rq	0.71 µm	0.00	0.00
Rsk	-1.197	0.000	0.000
Rt	5.15 µm	0.00	0.00
Rku	5.906	0.000	0.000
RSm	0.0417 mm	0.0000	0.0000
RPc	240 /cm	0	0
Wt	0.41 µm	0.00	0.00
ln	4.0000 mm	0.0000	0.0000
Rvk	1.30 µm	0.00	0.00
Rpk	0.45 µm	0.00	0.00
R3zm	2.76 µm	0.00	0.00
RzISO	3.83 µm	0.00	0.00

01.11.10

10:29

C:\PROGRA\VERSO2\MS

Seznam parametru

Č.	Text	Ra	Rz	R3z	Rmax	Rt
490	490	0.53	3.58	2.45	5.15	5.15

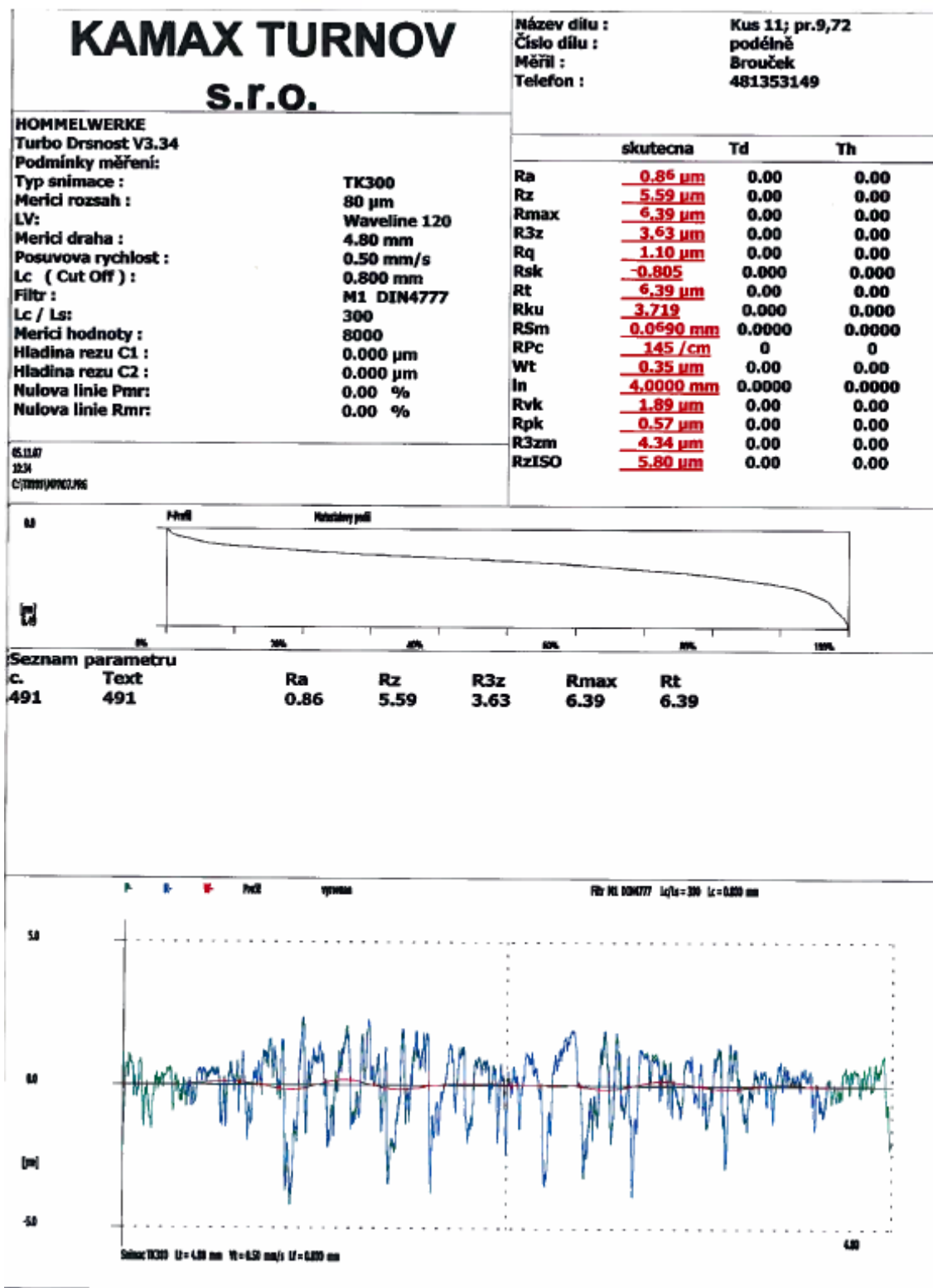
01.11.10

10:29

C:\PROGRA\VERSO2\MS



Vzorek č.3. 45680





KAMAX TURNOV
s.r.o.



KAMAX TURNOV

s.r.o.

Název dílu : Kus C - pr.9,72
Číslo dílu : podélně
Měříl : Havlířta
Telefon : 481353149

HOMMELWERKE
Turbo Drsnost V3.34
Podmínky měření:
Typ snímace : TK300
Měřicí rozsah : 80 µm
LV: Waveline 120
Měřicí dráha : 4.80 mm
Posuvová rychlost : 0.50 mm/s
Lc (Cut Off) : 0.800 mm
Filtr : M1 DIN4777
Lc / Ls: 300
Měřicí hodnoty : 8000
Hladina rezu C1 : 0.000 µm
Hladina rezu C2 : 0.000 µm
Nulová linie Pmr: 0.00 %
Nulová linie Rmr: 0.00 %

	skutečná	Td	Th
Ra	1.31 µm	0.00	0.00
Rz	6.77 µm	0.00	0.00
Rmax	8.90 µm	0.00	0.00
R3z	4.90 µm	0.00	0.00
Rq	1.70 µm	0.00	0.00
Rsk	-0.843	0.000	0.000
Rt	9.02 µm	0.00	0.00
Rku	3.441	0.000	0.000
RSm	0.0833 mm	0.0000	0.0000
RPc	120 /cm	0	0
Wt	0.64 µm	0.00	0.00
ln	4.0000 mm	0.0000	0.0000
Rvk	3.41 µm	0.00	0.00
Rpk	0.58 µm	0.00	0.00
R3zm	6.25 µm	0.00	0.00
RzISO	7.43 µm	0.00	0.00

HL11.07
10.04
C:\10035\p\10037.ms

Seznam parametrů
c. Text Ra Rz R3z Rmax Rt
489 489 1.31 6.77 4.90 8.90 9.02

HL11.07
10.04
C:\10035\p\10037.ms

HL11.07
10.04
C:\10035\p\10037.ms

HL11.07
10.04
C:\10035\p\10037.ms

HL11.07
10.04
C:\10035\p\10037.ms

HL11.07
10.04
C:\10035\p\10037.ms

HL11.07
10.04
C:\10035\p\10037.ms

HL11.07
10.04
C:\10035\p\10037.ms

HL11.07
10.04
C:\10035\p\10037.ms

HL11.07
10.04
C:\10035\p\10037.ms

HL11.07
10.04
C:\10035\p\10037.ms

HL11.07
10.04
C:\10035\p\10037.ms

HL11.07
10.04
C:\10035\p\10037.ms

HL11.07
10.04
C:\10035\p\10037.ms

HL11.07
10.04
C:\10035\p\10037.ms

HL11.07
10.04
C:\10035\p\10037.ms

HL11.07
10



Vzorek č.12. 46828

KAMAX TURNOV

S.r.o.

Název dílu :

Číslo dílu :

M&FII :

Telefon :

Kus D31; pr.12,49

podélně

Brouček

481353149

HOMMELWERKE

Turbo Drsnost V3.34

Podmínky měření:

Typ snímace :

Merici rozsah :

LV:

Merici draha :

Posuvová rychlost :

Lc (Cut Off) :

Filtr :

Lc / Ls:

Merici hodnoty :

Hladina rezu C1 :

Hladina rezu C2 :

Nulová linie Pmr:

Nulová linie Rmr:

TK300

80 µm

Waveline 120

4.80 mm

0.50 mm/s

0.800 mm

M1 DIN4777

300

8000

0.000 µm

0.000 µm

0.00 %

0.00 %

skutečna

Td

Th

Ra

2.35 µm

0.00

0.00

Rz

12.20 µm

0.00

0.00

Rmax

16.70 µm

0.00

0.00

R3z

8.37 µm

0.00

0.00

Rq

3.04 µm

0.00

0.00

Rsk

0.192

0.000

0.000

Rt

16.70 µm

0.00

0.00

Rku

3.377

0.000

0.000

RSm

0.1333 mm

0.0000

0.0000

RPc

75 / cm

0

0

Wt

2.19 µm

0.00

0.00

ln

4.0000 mm

0.0000

0.0000

Rvk

4.62 µm

0.00

0.00

Rpk

4.11 µm

0.00

0.00

R3zm

12.56 µm

0.00

0.00

RzISO

13.15 µm

0.00

0.00

0.0

100%

Phi

Kritický profil

Seznam parametru

C.

Text

Ra

Rz

R3z

Rmax

Rt

494

494

2.35

12.20

8.37

16.70

16.70

P

R

R

Phi

vynechan

Ra M1 DIN4777

Lc/Ls=300

Lc=0.800 mm

20.0

0.0

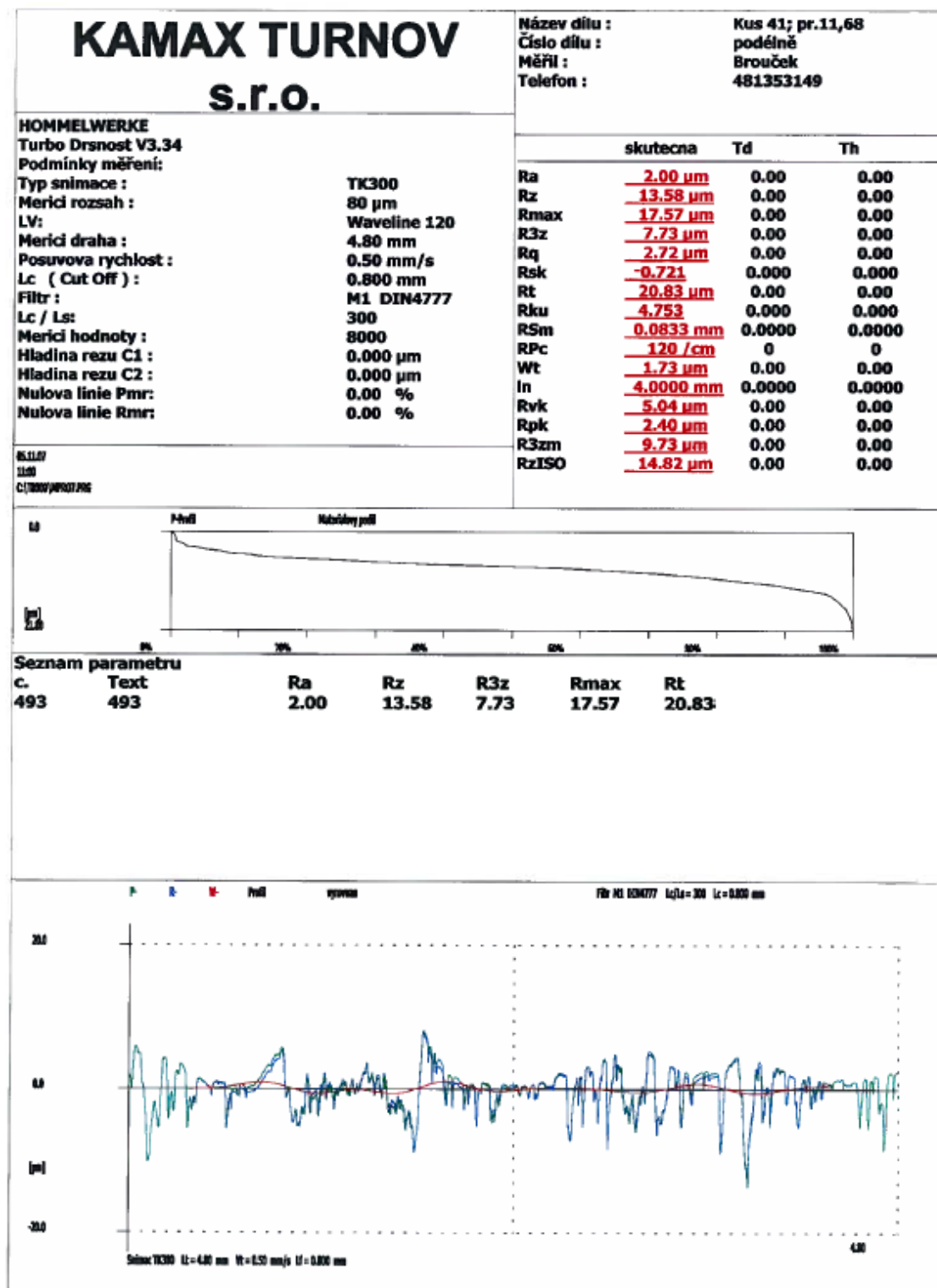
-20.0

Seznam TK300 Lc=4.80 mm Vt=0.50 mm/s Lf=0.800 mm

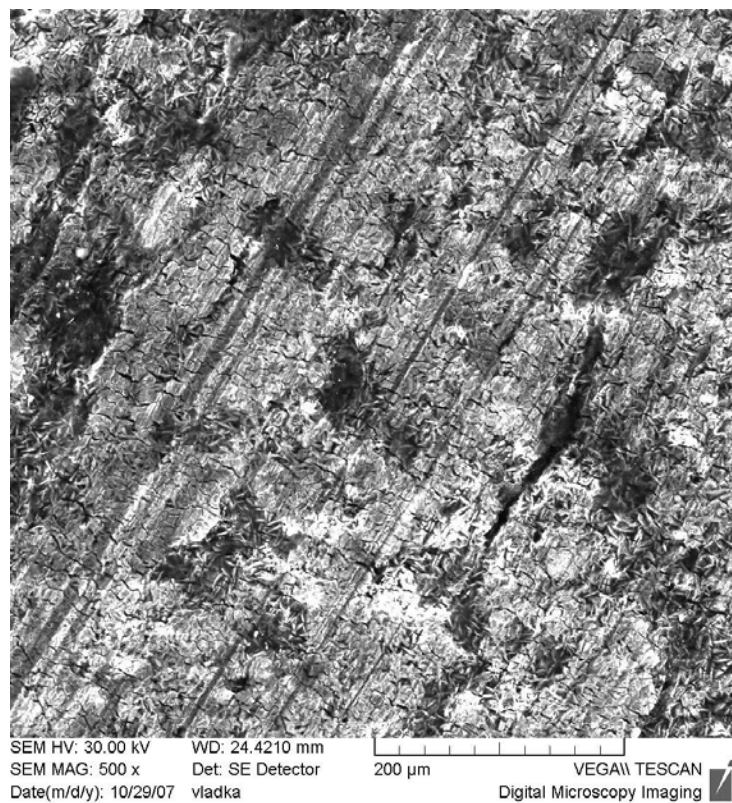
4.80



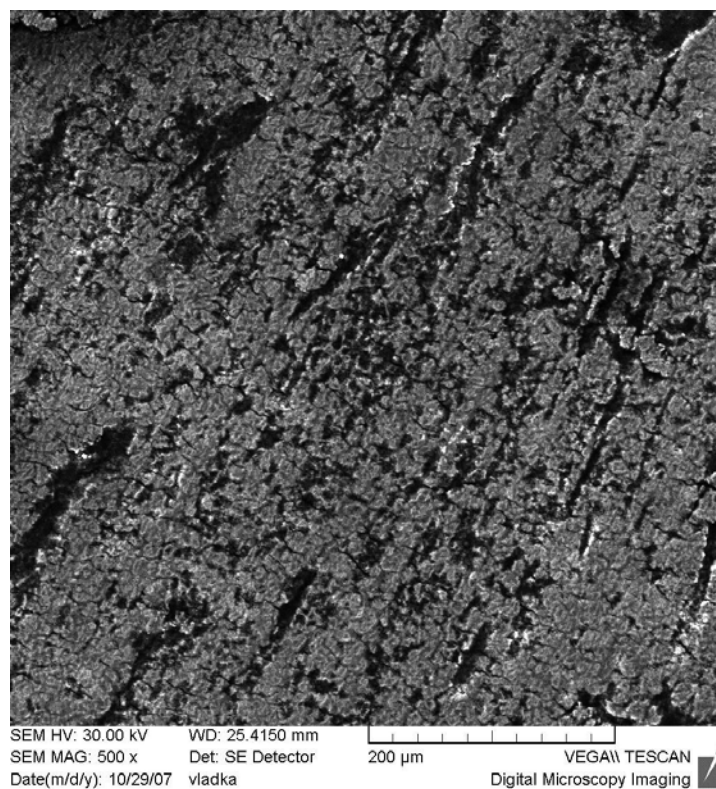
Vzorek č.10. 46731



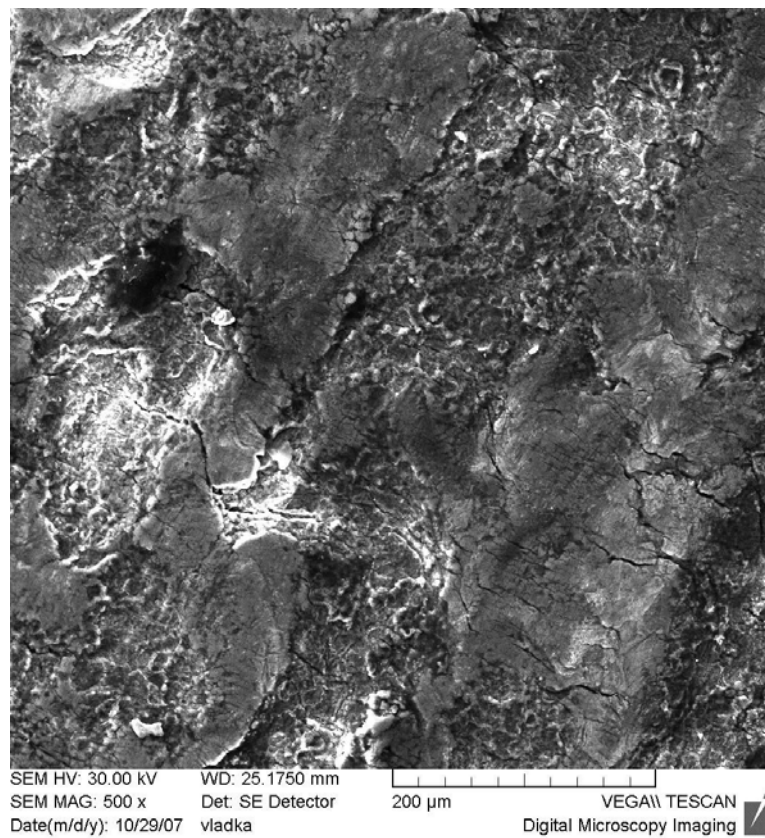
Fosfát



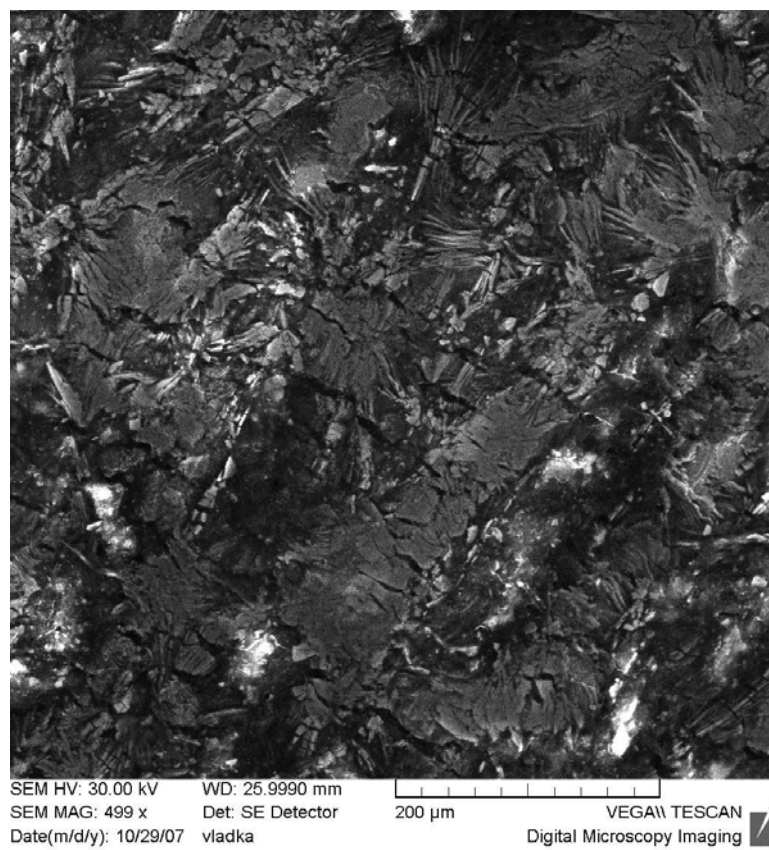
Obr.11. 47044 500×



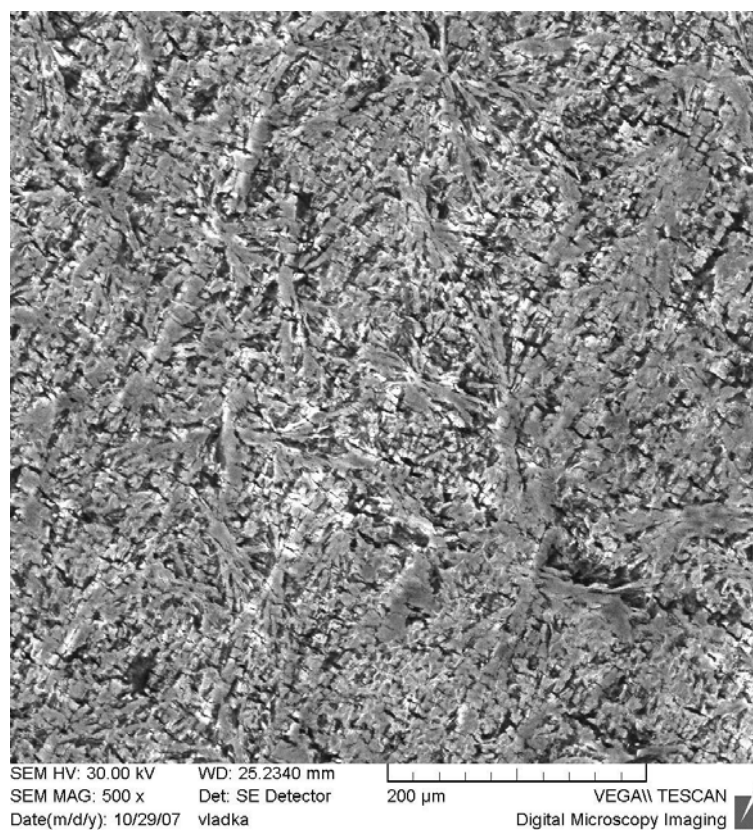
Obr.9. 47091 500×



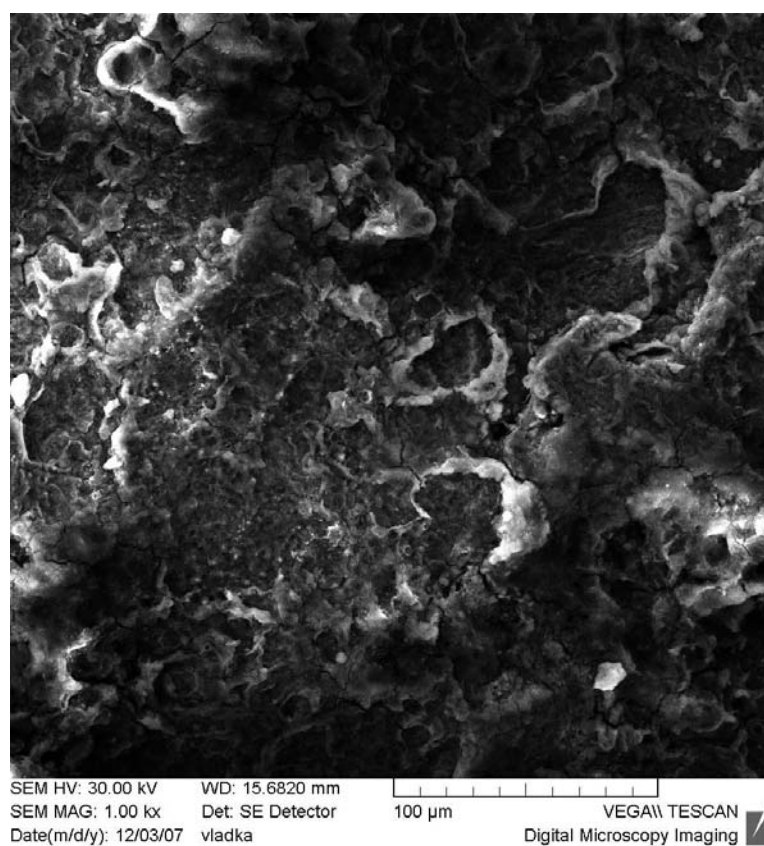
Obr. 8. 46443 500×



Obr.7. 46824 500×



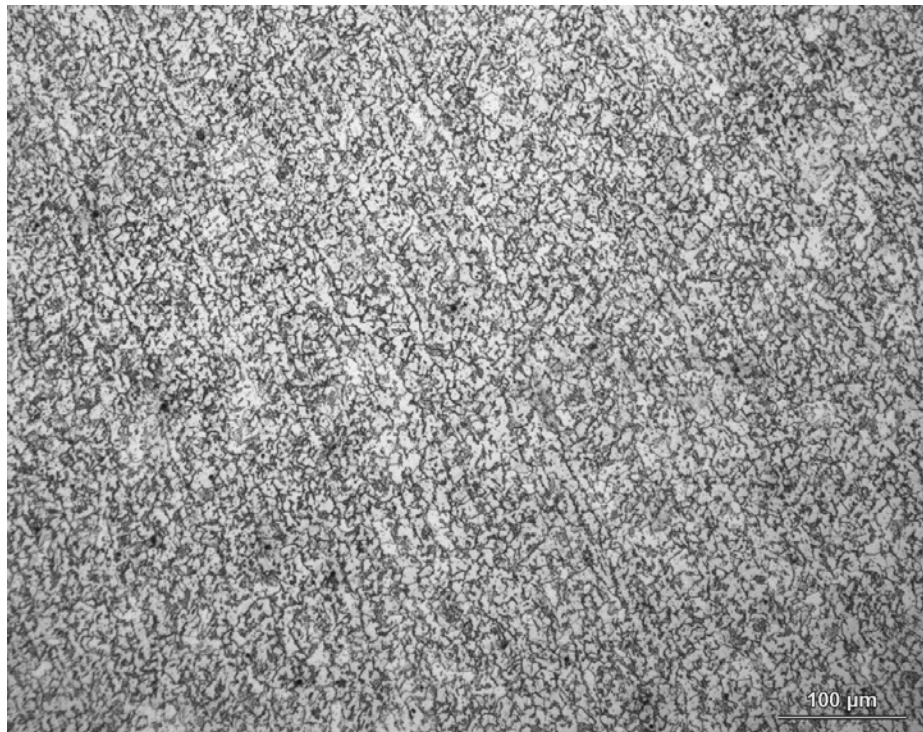
Obr.6. 47020 500×



Obr. Elektrolyticky nanášený fosfát na drátu – netažený

Struktury

1. 46892

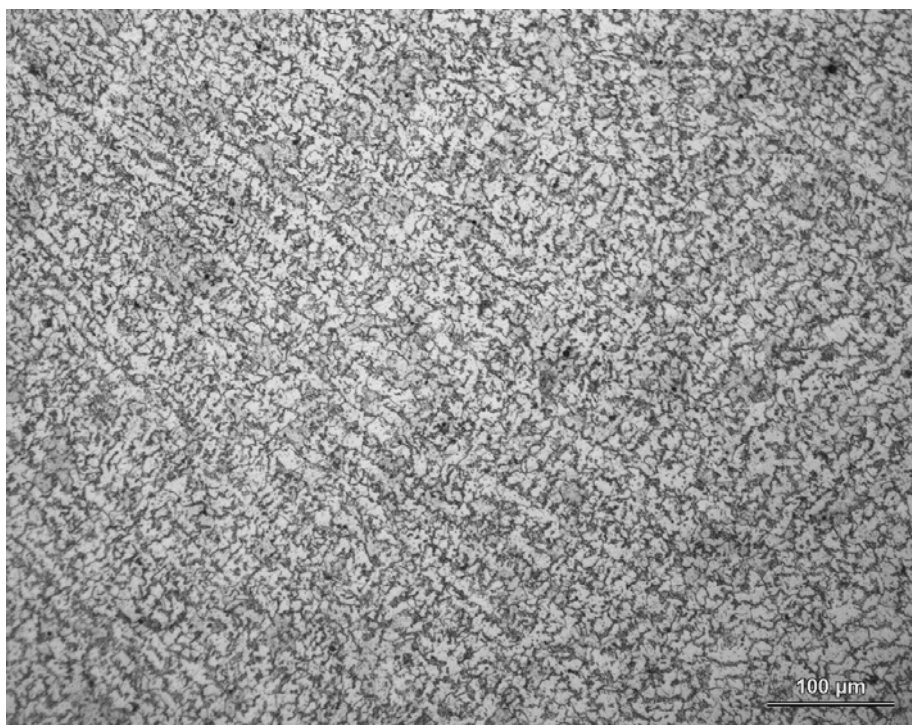


Obr.1.a 46892 200× – příčný řez



Obr.1.b 46892 200× – podélný řez

2. 46682

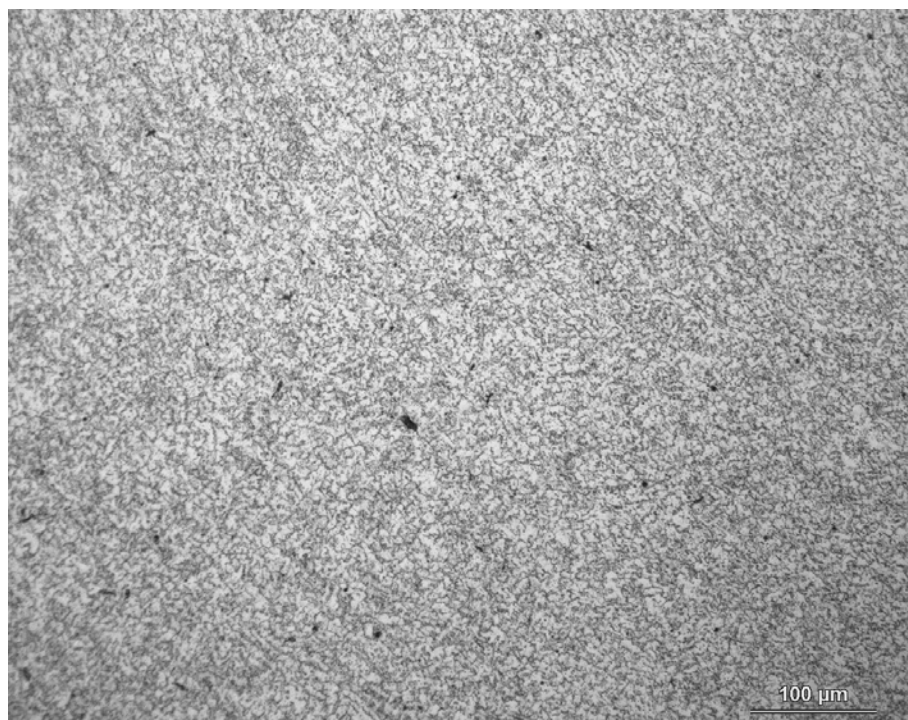


Obr.2.a 46682 200× – příčný řez

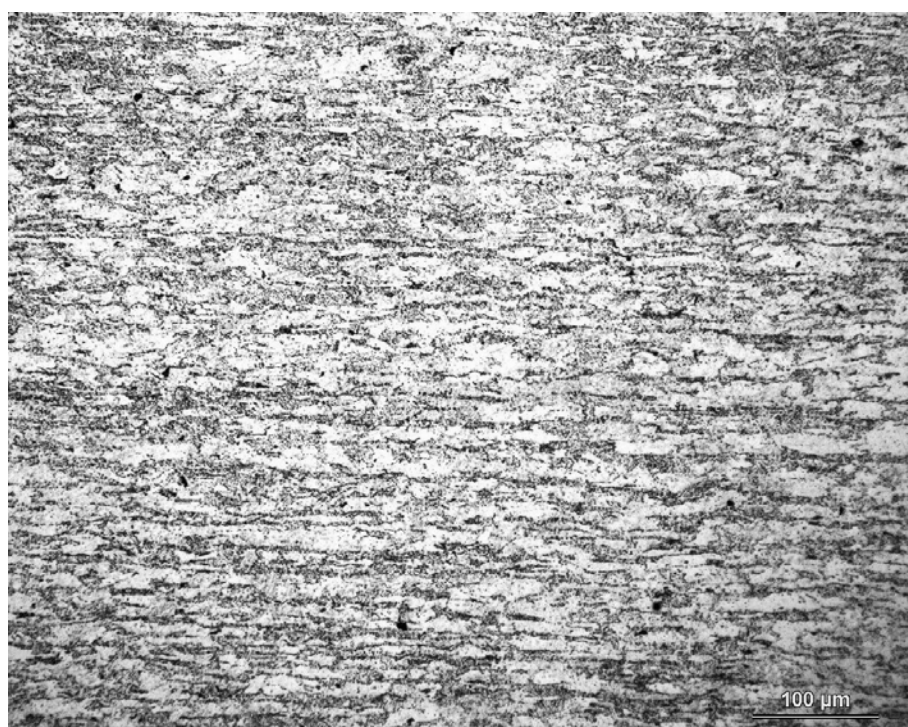


Obr.2.b 46682 200× – podélný řez

3. 45680

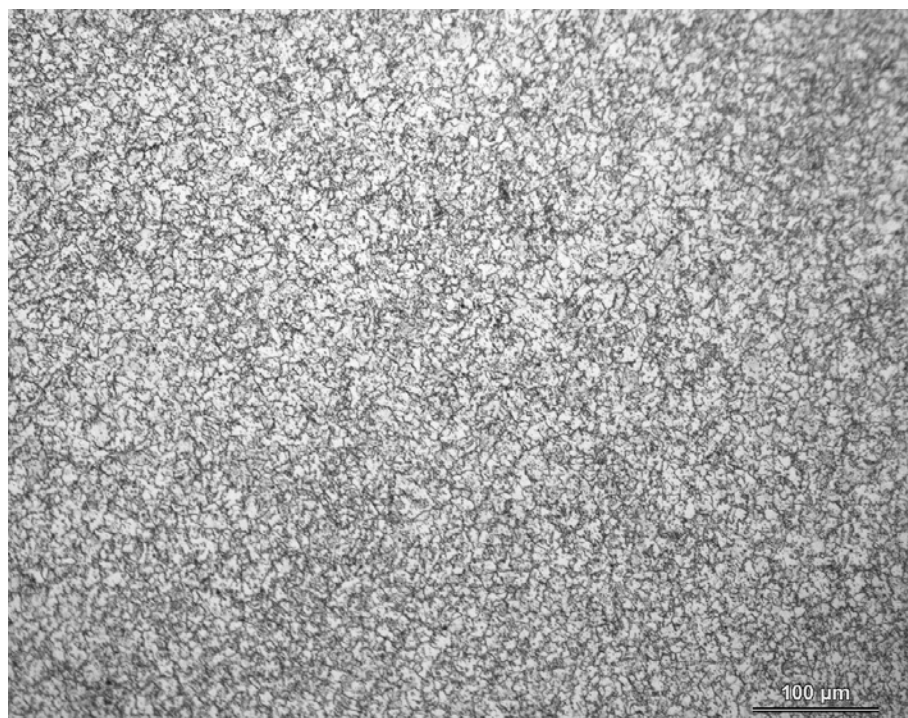


Obr.3.a 45680 200× – příčný řez

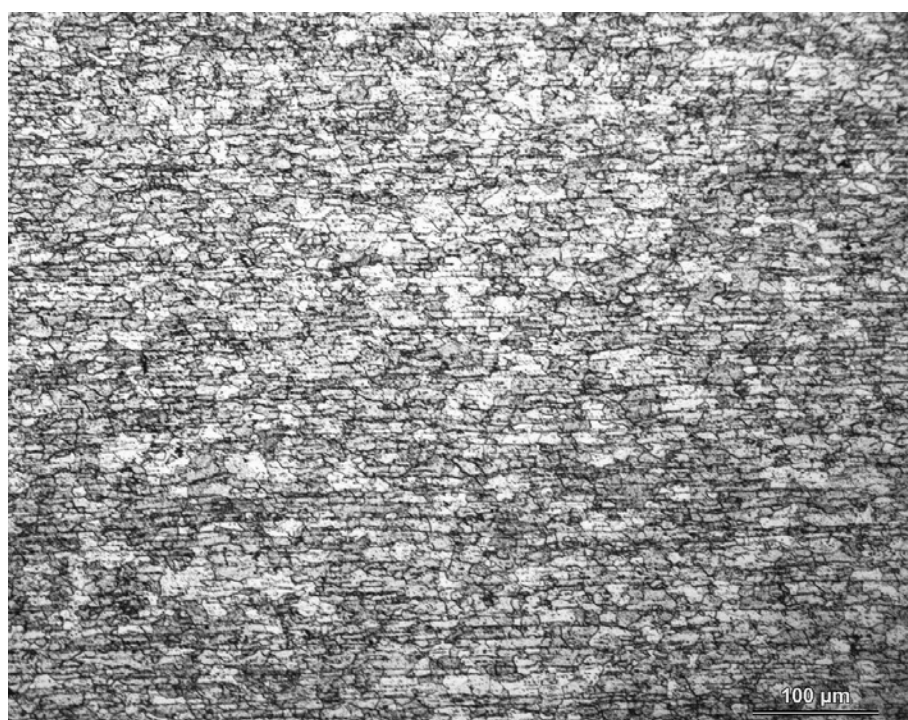


Obr.3.b 45680 200× – podélný řez

4. 45774

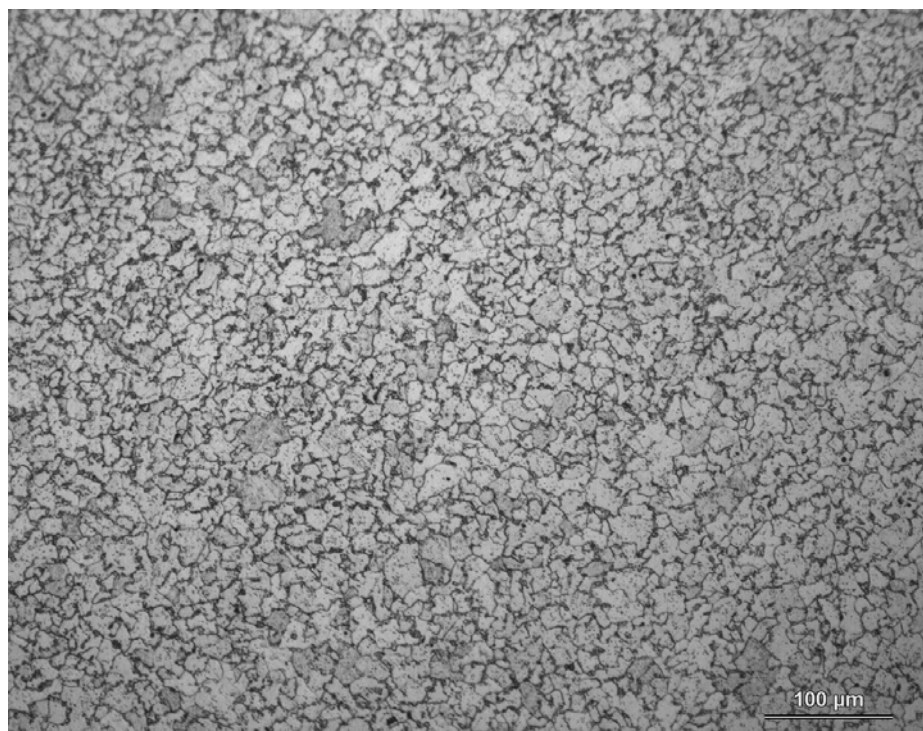


Obr.4.a 45774 200× – příčný řez

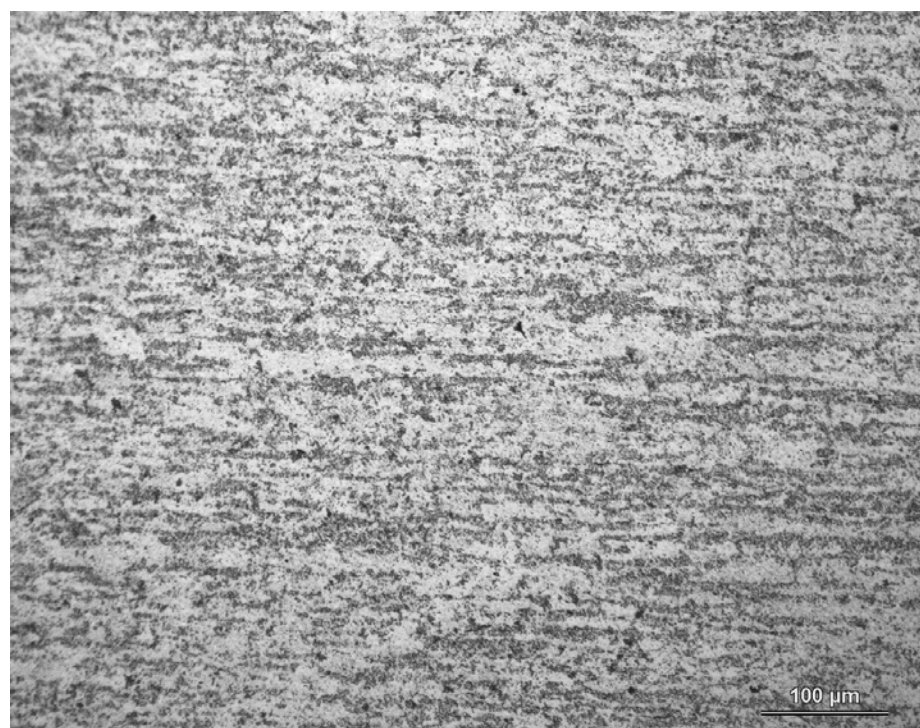


Obr.4.b 45774 200× – podélný řez

5. 46718

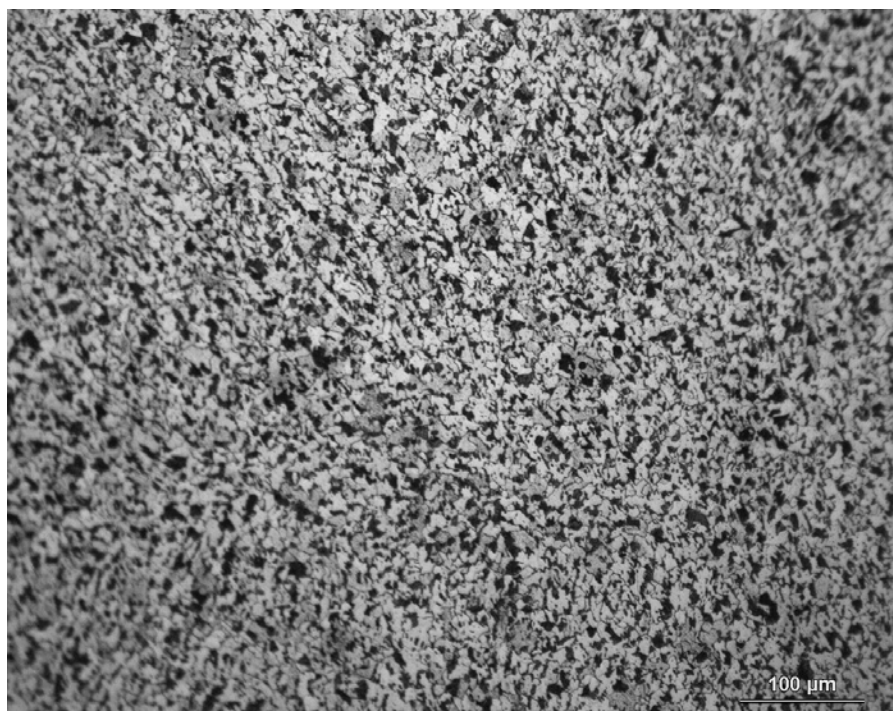


Obr.5.a 46718 200× – příčný řez



Obr.5.b 46718 200× – podélný řez

6. 47020

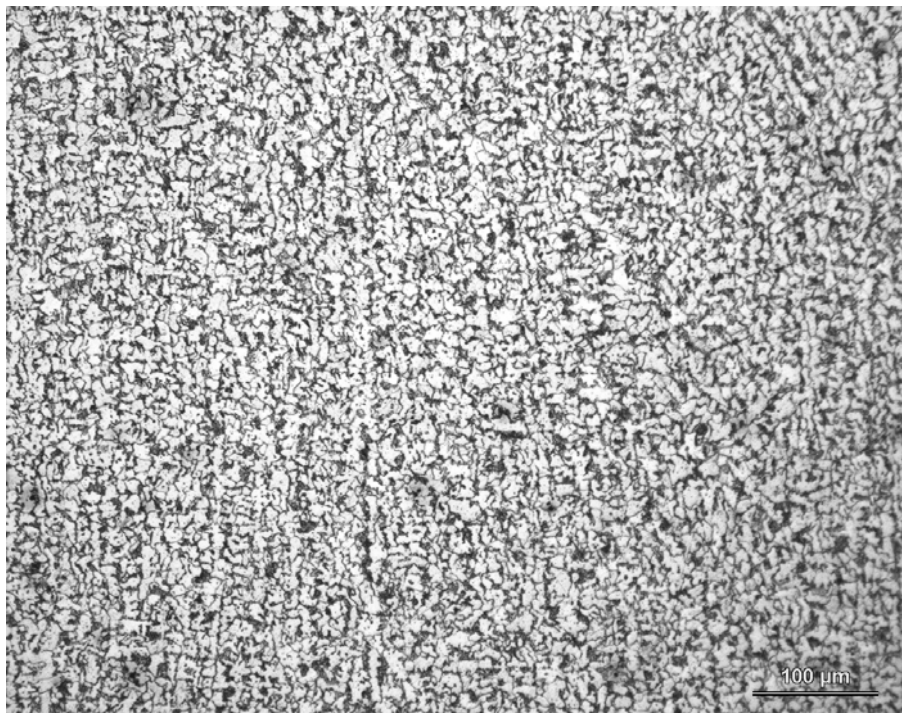


Obr.6.a 47020 200× – příčný řez

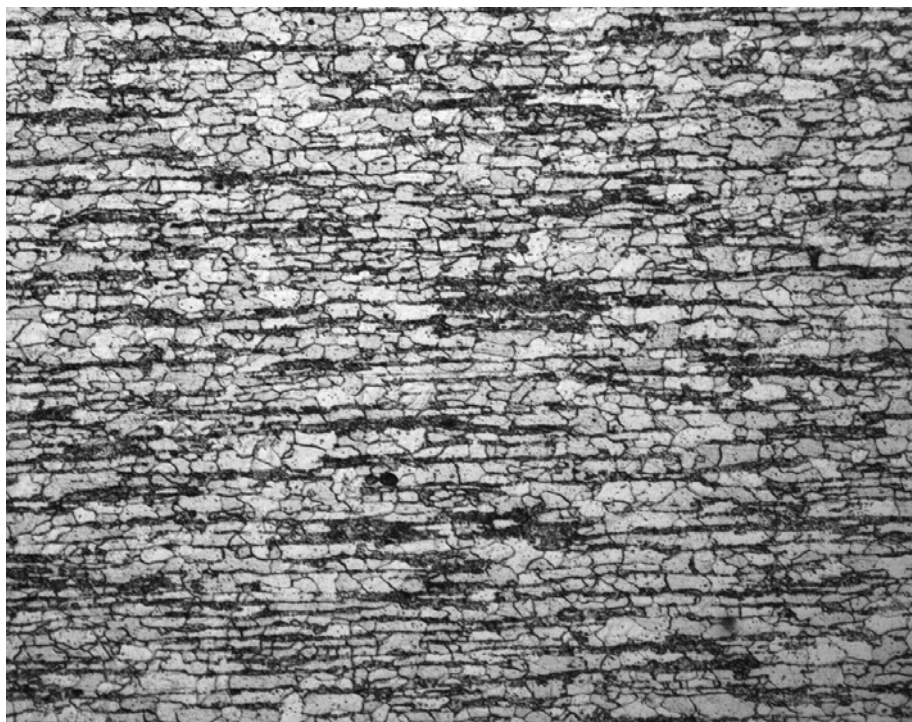


Obr. 6.b 47020 200× – podélný řez

7. 46824

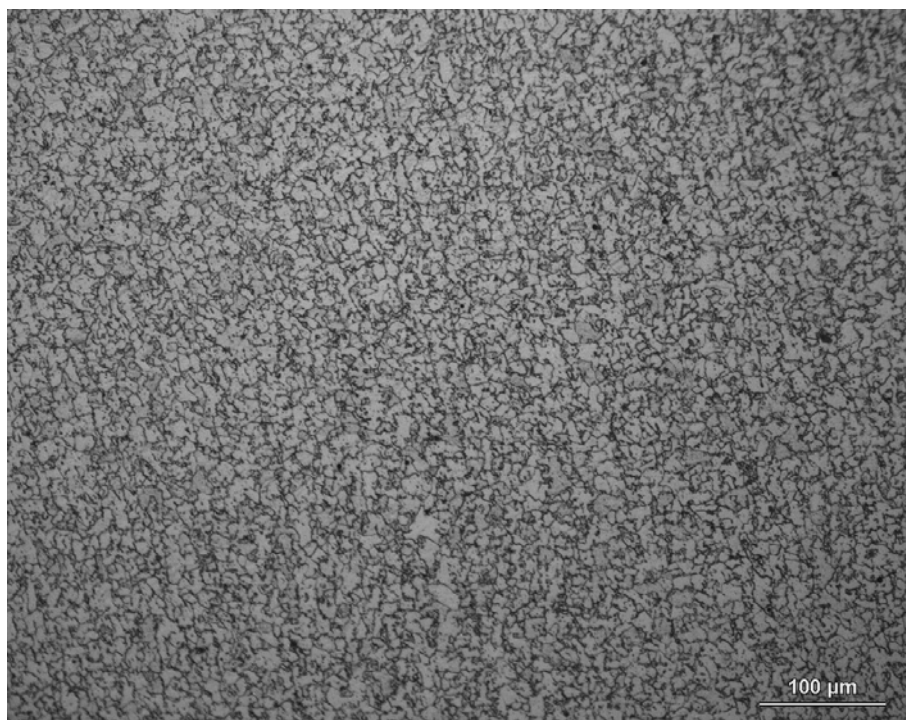


Obr. 7.a 46824 200× – příčný řez

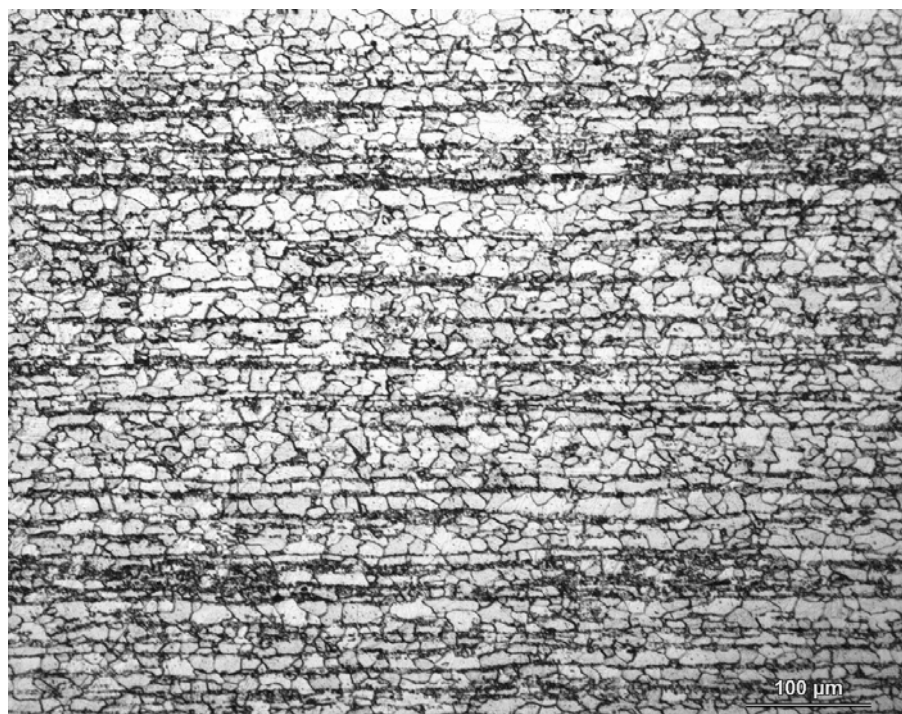


Obr. 7.b 46824 200× – podélný řez

8. 46443

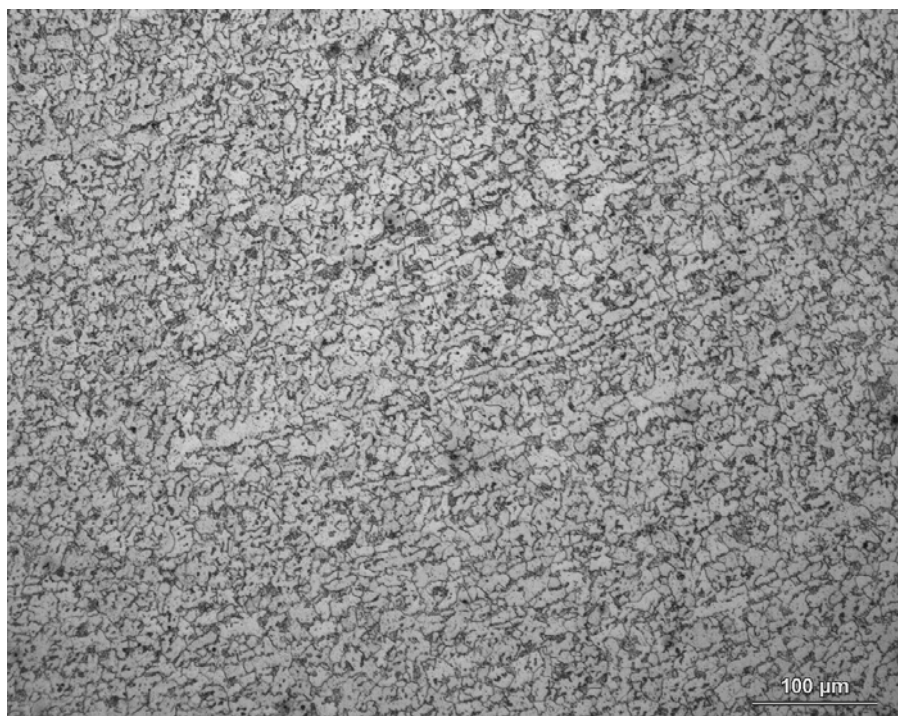


Obr.8.a 46443 200× – příčný řez



Obr.8.b 46443 200× – podélný řez

9. 47091

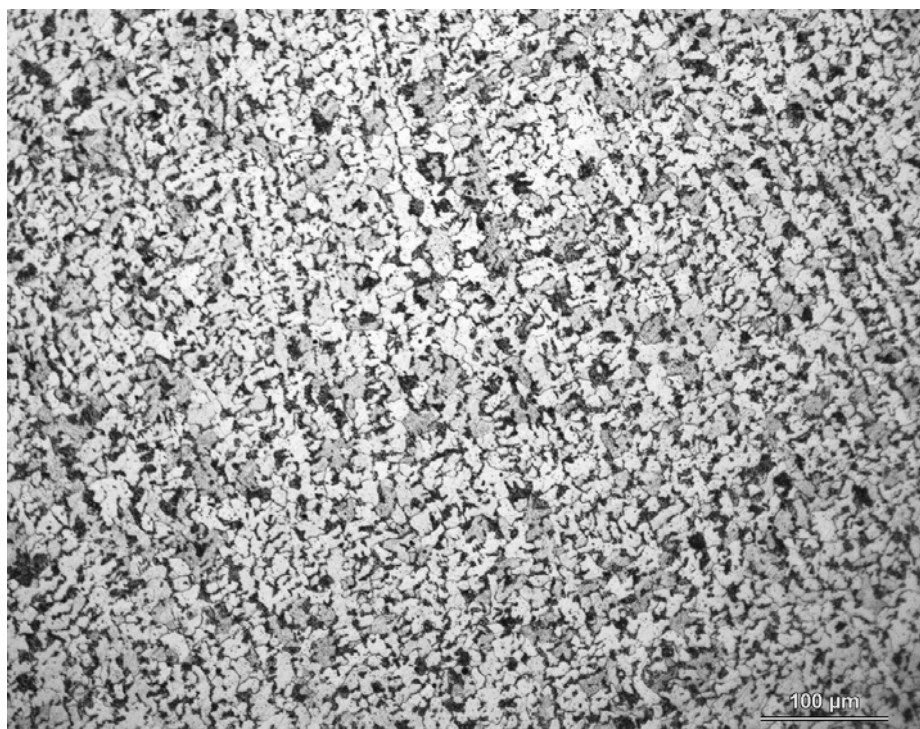


Obr.9.a 47091 200× – příčný řez



Obr.9.b 47091 200× – podélný řez

10. 46731

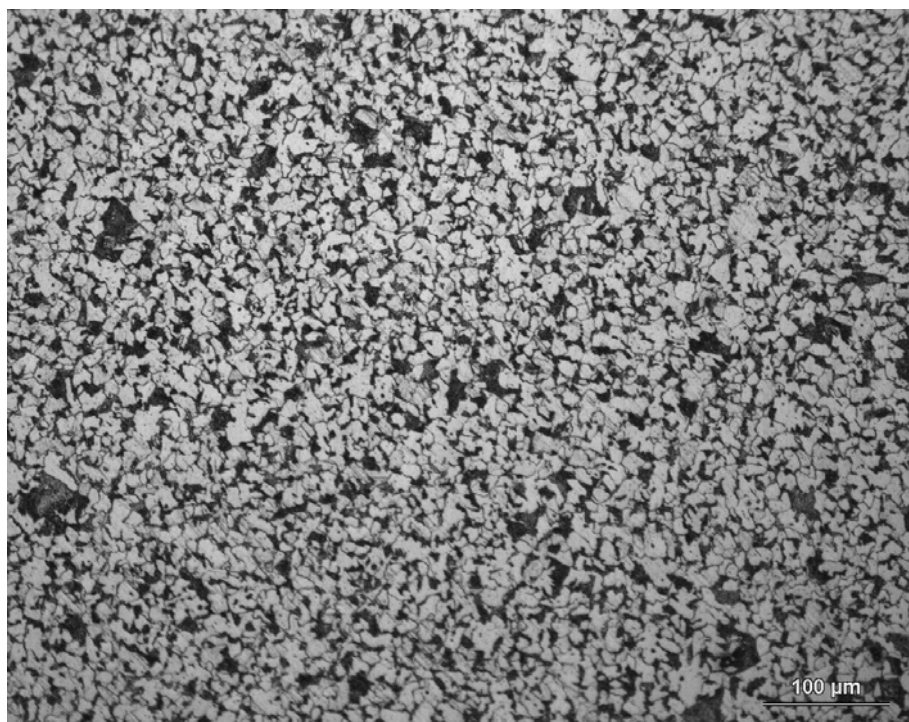


Obr.10.a 46731 200× – příčný řez

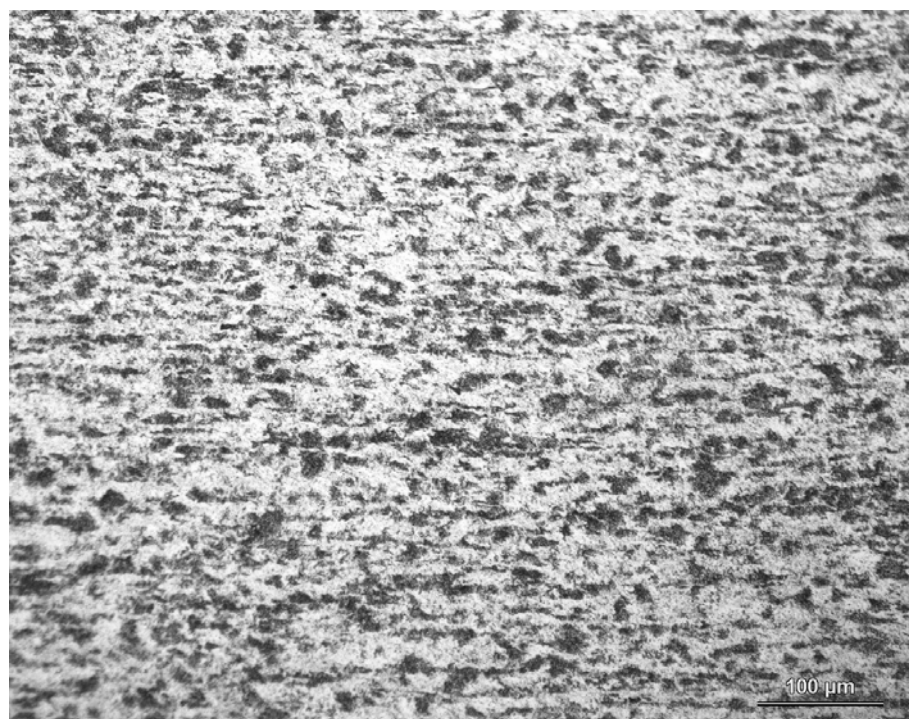


Obr.10.b 46731 200× – podélný řez

11. 47044

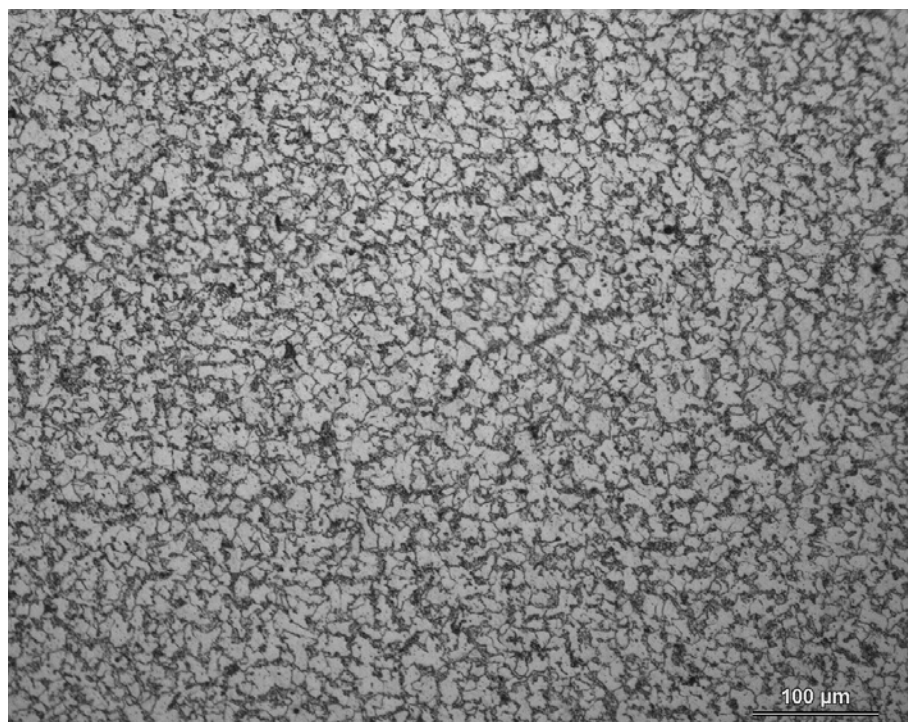


Obr.11.a 47044 200× – příčný řez



Obr.11.b 47044 200× – podélný řez

12. 46828

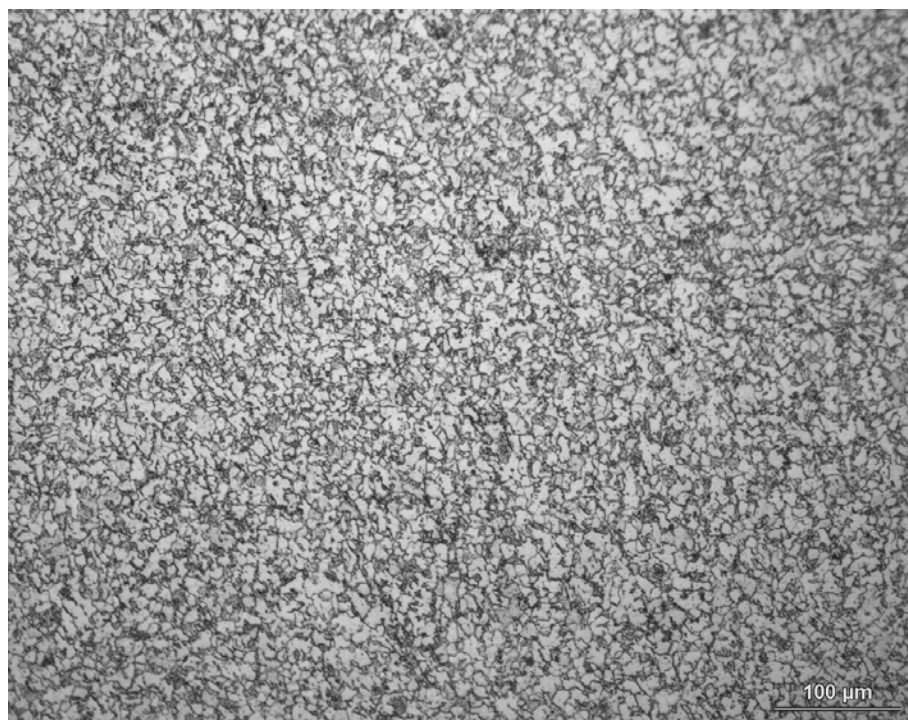


Obr.12.a 46828 200× – příčný řez



Obr.12.b 46828 200× – podélný řez

13. 47051



Obr.13.a 47051 200× – příčný řez



Obr.13.b 47051 200× – podélný řez

**Chemické složení**

Tab. Vzorek č.1. 46892

Prvek	C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr	Ni	Mo	Cu
Obsah prvku [%]	0,225	0,084	0,887	0,011	0,005	0,0007	0,298	0,025	0,007	0,031
Prvek	Al	Ti	V	Nb	B	W	Co	Sn	Ca	Pb,As,Sb, Bi,Ce,Zn
Obsah prvku [%]	0,057	0,031	0,001	0,002	0,0040	<0,003	0,005	0,007	0,0025	< 0,001

Tab. Vzorek č.2. 46682

Prvek	C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr	Ni	Mo	Cu
Obsah prvku [%]	0,241	0,077	0,856	0,014	0,006	0,0006	0,287	0,021	0,003	0,053
Prvek	Al	Ti	V	Nb	B	W	Co	Sn	Ca	Pb,As,Sb, Bi,Ce,Zn
Obsah prvku [%]	0,033	0,028	0,001	0,002	0,0041	0,005	0,003	0,008	0,0035	< 0,001

Tab. Vzorek č.3. 45680

Prvek	C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr	Ni	Mo	Cu
Obsah prvku [%]	0,230	0,078	0,994	0,009	0,007	0,0004	0,281	0,037	0,003	0,026
Prvek	Al	Ti	V	Nb	B	W	Co	Sn	Ca	Pb,As,Sb, Bi,Ce,Zn
Obsah prvku [%]	0,041	0,027	0,008	0,003	0,0039	0,007	0,016	0,002	0,0037	< 0,001

Tab. Vzorek č.4. 45774

Prvek	C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr	Ni	Mo	Cu
Obsah prvku [%]	0,217	0,076	0,981	0,008	0,007	0,0004	0,279	0,036	0,002	0,025
Prvek	Al	Ti	V	Nb	B	W	Co	Sn	Ca	Pb,As,Sb, Bi,Ce,Zn
Obsah prvku [%]	0,041	0,026	0,008	0,002	0,0037	0,006	0,016	0,002	0,0037	< 0,001



Tab. Vzorek č.5. 46718

Prvek	C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr	Ni	Mo	Cu
Obsah prvku [%]	0,203	0,067	0,847	0,011	0,009	0,0005	0,287	0,021	0,008	0,021
Prvek	Al	Ti	V	Nb	B	W	Co	Sn	Ca	Pb,As,Sb, Bi,Ce,Zn
Obsah prvku [%]	0,041	0,029	<0,001	0,001	0,0024	0,006	0,004	0,007	0,0023	< 0,001

Tab. Vzorek č.6. 47020

Prvek	C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr	Ni	Mo	Cu
Obsah prvku [%]	0,224	0,071	0,933	0,010	0,008	0,0005	0,319	0,019	0,005	0,040
Prvek	Al	Ti	V	Nb	B	W	Co	Sn	Ca	Pb,As,Sb, Bi,Ce,Zn
Obsah prvku [%]	0,042	0,024	0,002	<0,001	0,0028	<0,003	0,003	0,002	0,0021	< 0,001

Tab. Vzorek č.7. 46824

Prvek	C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr	Ni	Mo	Cu
Obsah prvku [%]	0,215	0,101	0,957	0,013	0,005	0,0006	0,321	0,042	0,012	0,028
Prvek	Al	Ti	V	Nb	B	W	Co	Sn	Ca	Pb,As,Sb, Bi,Ce,Zn
Obsah prvku [%]	0,033	0,023	0,003	0,002	0,0026	0,006	0,003	0,002	0,0031	< 0,001

Tab. Vzorek č.8. 46443

Prvek	C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr	Ni	Mo	Cu
Obsah prvku [%]	0,212	0,089	0,983	0,014	0,008	0,0006	0,271	0,034	0,014	0,036
Prvek	Al	Ti	V	Nb	B	W	Co	Sn	Ca	Pb,As,Sb, Bi,Ce,Zn
Obsah prvku [%]	0,038	0,022	0,002	0,001	0,0027	<0,003	0,003	0,002	0,0024	< 0,001

Tab. Vzorek č.9. 47091

Prvek	C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr	Ni	Mo	Cu
Obsah prvku [%]	0,213	0,072	0,846	0,015	0,004	0,0006	0,290	0,019	0,004	0,045
Prvek	Al	Ti	V	Nb	B	W	Co	Sn	Ca	Pb,As,Sb, Bi,Ce,Zn
Obsah prvku [%]	0,051	0,030	0,001	<0,001	0,0040	0,003	0,003	0,007	0,0029	< 0,001



Tab. Vzorek č.10. 46731

Prvek	C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr	Ni	Mo	Cu
Obsah prvku [%]	0,228	0,072	0,847	0,010	0,009	0,0007	0,292	0,023	0,005	0,047
Prvek	Al	Ti	V	Nb	B	W	Co	Sn	Ca	Pb,As,Sb, Bi,Ce,Zn
Obsah prvku [%]	0,044	0,029	<0,001	0,002	0,0043	<0,004	0,004	0,007	0,0031	< 0,001

Tab. Vzorek č.11. 47044

Prvek	C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr	Ni	Mo	Cu
Obsah prvku [%]	0,230	0,071	0,850	0,010	0,004	0,0007	0,285	0,022	0,003	0,024
Prvek	Al	Ti	V	Nb	B	W	Co	Sn	Ca	Pb,As,Sb, Bi,Ce,Zn
Obsah prvku [%]	0,040	0,031	<0,001	<0,001	0,0040	<0,003	0,003	0,007	0,0022	< 0,001

Tab. Vzorek č.12. 46828

Prvek	C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr	Ni	Mo	Cu
Obsah prvku [%]	0,227	0,064	0,909	0,009	0,007	0,0005	0,312	0,036	0,009	0,049
Prvek	Al	Ti	V	Nb	B	W	Co	Sn	Ca	Pb,As,Sb, Bi,Ce,Zn
Obsah prvku [%]	0,044	0,024	0,001	<0,001	0,0029	<0,004	0,003	0,004	0,0018	< 0,001

Tab. Vzorek č.13. 47051

Prvek	C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr	Ni	Mo	Cu
Obsah prvku [%]	0,213	0,097	0,959	0,013	0,005	0,0006	0,318	0,041	0,013	0,027
Prvek	Al	Ti	V	Nb	B	W	Co	Sn	Ca	Pb,As,Sb, Bi,Ce,Zn
Obsah prvku [%]	0,033	0,023	0,002	<0,001	0,0027	0,003	0,003	0,002	0,0026	< 0,001